



**Guilherme Fonseca
Ferreira**

Cálculo da função potência de aerogeradores

Orientação por:
Prof. Dr. Alfredo Rocha



**Guilherme Fonseca
Ferreira**

Cálculo da função potência de aerogeradores.

Monografia apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Física (2º ciclo), realizada sob a orientação científica do Professor Doutor Alfredo Rocha, professor associado do Departamento de Física da Universidade de Aveiro

Dedico este trabalho aos meus Pais, que sempre zelaram pela minha educação moral e intelectual, dando-me sempre o apoio necessário à concretização dos meus projectos de vida.

Agradecimentos

A apresentação deste projecto resulta da conjugação de esforços e de varias sugestões claramente relevantes, neste sentido agradeço:

Ao prof. Doutor Alfredo Rocha, visto ter reunido todos os esforços para que pudesse realizar este projecto.

Aos meus pais, por todo o apoio, incentivo e ajuda.

A Ana Teresa Correia de Sousa, por todo o apoio, incentivos e preciosas sugestões.

Palavras-chave

Energia eólica, classe de tempo, classe de direcção, curva de potência, previsão, variância, turbulência.

Resumo

A capacidade de gerir a incorporação de geração eólica na rede eléctrica depende principalmente da previsão da potência eólica. Este trabalho apresenta 5 métodos computacionais, baseados na criação de classes de tempo e de direcção, para previsão de potência eólica. São apresentados os resultados numéricos obtidos através de cada um dos métodos utilizados, e conclui-se sobre o desempenho de cada um deles.

keywords

Wind power, bin of time, bin of direction, power curve, forecasting, variance, turbulence.

abstract

The ability to manage the incorporation of wind generation in the electricity network depends mainly on wind power prediction's. This paper presents five computational methods based on time and direction bin's creation, in order to predict the wind power. The numerical results obtained by each method used are shown, as well as the conclusions of their performance.

o júri

Presidente Prof. Doutor Manuel Almeida Valente

Professor Associado do Departamento de Física da Universidade de Aveiro

Mestre Rui José Oliveira Nóbrega Pestana

System Operator Division - Ren-Redes Energéticas Nacionais SGPS, S.A

Prof. Doutor Alfredo Moreira Caseiro Rocha

Professor Associado com Agregação do Departamento de Física da Universidade de Aveiro

Lista de Tabelas

Tabela 2.1: Classificação da velocidade do vento de acordo com a escala de Beaufort. Adaptado de [1].

Tabela 3.1: Quadro resumo das características do parque eólico em estudo.

Tabela 3.2: Resultado da aplicação dos diferentes filtros para controlo de qualidade.

Tabela 3.3: Análise da frequência de ocorrência de variações na direcção da velocidade do vento.

Tabela 3.4: Caracterização estatística dos dados de velocidade e respectivos parâmetros da distribuição de Weibull.

Tabela 3.5: resultados do teste *Mann-Whitey U*, em relação às distribuições do módulo da velocidade das diferentes estações do ano.

Tabela 4.1: Coeficiente de correlação (significativamente diferente de zero a um nível de significância inferior a 1%), relativo à função potência obtida através do método 1.

Tabela 4.2: Coeficientes de correlação (significativamente diferentes de zero a um nível de significância inferior a 1%), relativos às funções potência obtidas através do método 2.

Tabela 4.3: Coeficientes de correlação (significativamente diferentes de zero a um nível de significância inferior a 1%), relativos às funções potência obtidas através do método 3.

Tabela 4.4: Coeficientes de correlação (significativamente diferentes de zero a um nível de significância inferior a 1%), relativos às funções potência obtidas através do método 4.

Tabela 4.5: Coeficientes de correlação (significativamente diferentes de zero a um nível de significância inferior a 1%), relativos às funções potência obtidas através do método 5.

Tabela 4.6: Validação da potência calculada utilizando a função potência do fabricante e o método 1; (a) erro médio da potência calculada em relação à potência medida (b) desvio padrão do erro da potência calculada em relação à potência medida.

Tabela 4.7: Coeficiente de correlação, relativo à função potência obtida através do método 1

Tabela 4.8: Coeficientes de correlação, relativos às funções potência obtidas através do método 2.

Tabela 4.9: Coeficientes de correlação (significativamente diferente de zero a um nível de significância inferior a 1%), relativos às funções potência obtidas através do método 3.

Tabela 4.10: Coeficientes de correlação (significativamente diferentes de zero a um nível de significância inferior a 1%), relativos às funções potência obtidas através do método 4.

Tabela 4.11: Coeficientes de correlação (significativamente diferentes de zero a um nível de significância inferior a 1%), relativos às funções potência obtidas através do método 5.

Tabela 4.12: validação dos resultados referentes ao método 1.

Tabela 4.13: Coeficiente de correlação (significativamente diferente de zero a um nível de significância inferior a 1%), relativo à função potência obtida através do método 1

Tabela 4.14: Coeficientes de correlação (significativamente diferentes de zero a um nível de significância inferior a 1%), relativos às funções potência obtidas através do método 2.

Tabela 4.15: Coeficientes de correlação (significativamente diferentes de zero a um nível de significância inferior a 1%), relativos às funções potência obtidas através do método 3.

Tabela 4.16: Coeficientes de correlação (significativamente diferentes de zero a um nível de significância inferior a 1%), relativos às funções potência obtidas através do método 4.

Tabela 4.17: Coeficientes de correlação (significativamente diferentes de zero a um nível de significância inferior a 1%), relativos às funções potência obtidas através do método 5.

Tabela 4.18: validação dos resultados referentes ao método 1.

Tabela 4.19: Função potência relativa aos meses de Verão.

Tabela 4.20: Coeficientes de correlação (significativamente diferente de zero a um nível de significância inferior a 1%), relativos às funções potência obtidas através do método 2.

Tabela 4.21: Coeficientes de correlação (significativamente diferentes de zero a um nível de significância inferior a 1%), relativos às funções potência obtidas através do método 3.

Tabela 4.22: Coeficientes de correlação (significativamente diferentes de zero a um nível de significância inferior a 1%), relativos às funções potência obtidas através do método 4.

Tabela 4.23: Coeficientes de correlação (significativamente diferentes de zero a um nível de significância inferior a 1%), relativos às funções potência obtidas através do método 5.

Tabela 4.24: validação dos resultados referentes ao método 1.

Lista de Figuras

Figura 2.1: Representação de uma rosa-dos-ventos. Adaptado de [1].

Figura 2.2: Ilustração da variação da velocidade do vento ao longo do tempo.

Figura 2.3: Densidade espectral de energia. Adaptado de [6].

Figura 2.4: Representação esquemática da extracção de energia cinética do vento por parte de um aerogerador. Adaptado de [7].

Figura 2.5: Representação de um disco actuador no interior de um tubo de fluxo. Adaptado de [7].

Figura 2.6: Função potência de um aerogerador da empresa Gamesa, modelo G80 de 2MW para $\rho = 1,225 \text{ kg} / \text{m}^3$. Adaptado de [8].

Figura 2.7: Função potência típica de um parque eólico. Adaptado de [9].

Figura 3.1: Localização geográfica do parque eólico de Terras Altas de Fafe e dos aerogeradores (★).

Figura 3.2: Ajuste da distribuição de Weibull à função densidade de probabilidade; (a) Inverno, (b) Primavera, (c) Verão, (d) Outono.

Figura 3.3: Variância e média do módulo da velocidade; (a) Inverno, (b) Primavera, (c) Verão, (d) Outono.

Figura 3.4: Variância da variação da direcção do vento e média do módulo da velocidade, (a) Inverno, (b) Primavera, (c) Verão, (d) Outono.

Figura 3.5: Rosa dos ventos - Frequência da direcção do vento; (a) Inverno, (b) Primavera, (c) Verão, (d) Outono.

Figura 3.6: Ilustração da eliminação de *outliers*; (a) dados correspondentes à classe de tempo 6h – 9h, relativa aos meses de Inverno, (b) dados correspondentes à classe de direcção 315° - 360°, relativa aos meses de Inverno.

Figura 3.7: Diferentes perfis da função potência em função do intervalo de velocidade considerado. Adaptado de [11].

Figura 4.1: Função potência relativa aos meses de Inverno obtida através do método 1.

Figura 4.2: Função potência relativa aos (a) métodos 2 e 4 e à classe de tempo 3h-6h e (b) métodos 3 e 5 e à classe de direcção 45°-90°.

Figura 4.3: Validação da potência calculada utilizando os métodos 2 e 4 e a função potência do fabricante; (a) erro médio da potência calculada em relação à potência medida (b) desvio padrão do erro da potência calculada em relação à potência medida.

Figura 4.4: Validação da potência calculada utilizando os métodos 3 e 5 e a função potência do fabricante; (a) erro médio da potência calculada em relação à potência medida (b) desvio padrão do erro da potência calculada em relação à potência medida.

Figura 4.4: Função potência relativa aos meses de Outono, obtida através do método 1

Figura 4.5: Funções potência; (a) relativa aos métodos 2 e 4 e à classe de tempo 3-6, (b) relativa aos métodos 3 e 5 e à classe de direcção 45-90°.

Figura 4.6: Validação de resultados; (a) erros na previsão de potência efectuada através dos métodos 3, 5 e pela função do fabricante, (b) desvio padrão do erro da previsão de potência efectuada através dos métodos 3, 5 e pela função do fabricante.

Figura 4.7: Validação de resultados; (a) erros médio da previsão de potência efectuada através dos métodos 2, 4 e pela função do fabricante, (b) desvio padrão do erro da previsão de potência efectuada através dos métodos 2, 4 e pela função do fabricante.

Figura 4.8: Função potência relativa aos meses de Verão, obtida através do método 1

Figura 4.9: Função de potência; (a) relativa aos métodos 2 e 4 e à classe de tempo 3-6, (b) relativa aos métodos 3 e 5 e à classe de direcção 45-90°.

Figura 4.10: Validação de resultados; (a) erros médio da previsão de potência efectuada através dos métodos 2, 4 e pela função do fabricante, (b) desvio padrão do erro da previsão de potência efectuada através dos métodos 2, 4 e pela função fabricante.

Figura 4.11: Validação de resultados; (a) erros médio da previsão de potência efectuada através dos métodos 3, 5 e pela função do fabricante, (b) desvio padrão do erro da previsão de potência efectuada através dos métodos 3, 5 e pela função do fabricante.

Figura 4.12: Função potência relativa aos meses de Verão.

Figura 4.13: Funções potência; (a) relativa aos métodos 2 e 4 e à classe de tempo 3-6, (b) relativa aos métodos 3 e 5 e à classe de direcção 45-90°.

Figura 4.14: Validação de resultados; (a) erros médio da previsão de potência efectuada através dos métodos 2, 4 e pela função do fabricante, (b) desvio padrão do erro da previsão de potência efectuada através dos métodos 2, 4 e pela função do fabricante.

Figura 4.15: Validação de resultados; (a) erros médio da previsão de potência efectuada através dos métodos 3, 5 e pela função do fabricante, (b) desvio padrão do erro da previsão de potência efectuada através dos métodos 3, 5 e pela função do fabricante.

Figura 4.16: Intensidade de turbulência (IT). (a) Potência média, de uma dada classe de tempo, em função de IT) Variação do perfil turbulência vs velocidade ao longo da função potência, relativa à classe de tempo 3 – 6 horas.

Índice

1. Introdução.....	2
2. Enquadramento teórico e revisão da literatura.....	3
2.1. Enquadramento teórico	3
2.2. Revisão da literatura.....	14
3. Dados e métodos	15
3.1. Parque eólico de Terras Altas de Fafe	15
3.2. Controle de qualidade dos dados	16
3.3. Análise dos dados de velocidade do vento	18
3.4. Métodos.....	25
4. Resultados e discussão	28
4.1. Resultados relativos aos meses de Inverno	29
4.2. Resultados relativos aos meses de Outono	34
4.3. Resultados relativos aos meses de Verão	40
4.4. Resultados relativos aos meses de Primavera	44
4.5. Cálculo da intensidade de turbulência	49
5. Conclusões	49
6. Sugestões para trabalhos futuros.....	51
7. Bibliografia	51

1. Introdução

A energia dos ventos vem sendo utilizada desde há milhares de anos para produzir trabalho, principalmente para movimentar embarcações, moer grãos através dos moinhos de vento, bombear água entre outras aplicações [1].

A utilização dos ventos para geração de electricidade teve início no final do século XIX, com a primeira turbina eólica para geração de energia eléctrica, desenvolvida pelo americano Charles Brush, bem como o desenvolvimento de uma turbina eólica pelo dinamarquês Poul la Cour (1846 - 1908), considerado o precursor dos modernos aerogeradores [1].

Actualmente, a humanidade enfrenta um grande desafio, suprir a demanda de energia e ao mesmo tempo evitar agressões ao meio ambiente. A energia eólica surge então, como parte da solução deste problema, por se tratar de uma fonte renovável de energia, abundante e limpa, uma vez que tem origem na própria dinâmica da atmosfera terrestre [2].

Nos últimos anos, o desenvolvimento dos aproveitamentos de energia eólica em Portugal evoluiu de forma marcante. O volume de projectos assumido, quer pelas entidades governamentais quer pelos investidores em parques eólicos, prevê a instalação de 3750 MW até ao final de 2010, multiplicando por mais de dez vezes a actual capacidade. Apesar do crescimento previsível para os próximos anos neste sector, existem poucas ferramentas de planeamento de infra-estruturas e de identificação sistemática de locais que apresentem indicadores de elevado potencial eólico [3].

Esta rápida expansão do aproveitamento da energia eólica deve-se a um regime tarifário muito favorável, cuja sustentabilidade começa a ser posta em causa pelos problemas que a estabilidade da rede eléctrica levanta se a penetração da energia eléctrica de origem eólica continuar a aumentar à taxa prevista [4].

Efectivamente, se a integração na Rede Eléctrica Nacional (REN) da produção eólica é trivial para pequenas penetrações ($\sim < 5\%$), para taxas superiores ela é crescentemente problemática [4]. A capacidade de gerir a integração de geração eólica na rede eléctrica depende essencialmente da previsão da potência eólica, sendo assim necessária a existência de um sistema de previsão apropriado.

A previsão de potência eólica depende essencialmente de três factores: previsão do módulo e direcção da velocidade do vento, previsão da densidade do ar (através de previsões de temperatura) e do cálculo da função potência mais adequada para um dado parque eólico.

A previsão do módulo e direcção da velocidade do vento e densidade do ar é fornecida à REN pelo departamento de Física da Universidade de Aveiro, no âmbito de um contracto estabelecido entre as duas instituições. Esta previsão é efectuada para todos os parques eólicos existentes em Portugal. Os produtos consistem em quatro previsões disponibilizadas de 6 em 6 horas, para um horizonte temporal de 72 horas (3 dias). À sexta-feira é ainda disponibilizada uma previsão para um horizonte temporal de 168 horas (7 dias)

A previsão da potência eólica, é efectuada através da aplicação de funções potência aos dados de intensidade do vento, fornecidas pelos fabricantes de aerogeradores. Estas funções potência são obtidas em condições padrão de funcionamento de um aerogerador e não têm em consideração as características específicas do vento, próprias dos locais em que os parques eólicos se situam. Desta forma, não é possível fazer previsões de potência eólica com o devido rigor. É então, necessário calcular para um dado parque, a respectiva função potência. Um outro factor que dificulta a previsão de energia eólica, é o facto de não se conhecer o vento para cada aerogerador. Assim sendo, não é possível fazer previsão de potência por aerogerador, mas sim por parque, o que acarreta maiores erros de previsão. A REN tem então necessidade de se munir de métodos mais eficientes de previsão de potência eólica. Nesse sentido sugeriu o tema do presente trabalho, cujo objectivo central é calcular, com base no histórico dos valores de potência e velocidade relativos ao parque de Terras Altas de Fafe, a função potência que possibilite efectuar previsões de potência eólica com o menor erro possível, relativamente aos aerogeradores do referido parque eólico.

Este trabalho é constituído por 7 capítulos, sendo que o capítulo 1, faz uma introdução ao trabalho referindo-se os objectivos e a importância da previsão de potência eólica. No capítulo 2, para além de ser efectuada uma breve descrição dos aspectos teóricos relacionados com o trabalho, é também efectuada uma breve descrição de alguns métodos utilizados por outros autores para efectuar a previsão de potência eólica. O capítulo 3, aborda algumas propriedades estatísticas dos dados analisados. Neste capítulo consta também uma breve descrição do parque de Terras Altas de Fafe. É ainda feita uma descrição de todos os métodos de previsão de potência utilizados. O capítulo 4, apresenta os resultados obtidos e a respectiva discussão. No capítulo 5, constam todas as principais conclusões resultantes da elaboração do presente trabalho. O capítulo 6, apresenta algumas sugestões para a realização de futuros trabalhos. Por fim, o capítulo 7, apresenta todas as referências bibliográficas utilizadas ao longo da realização deste trabalho.

2. Enquadramento teórico e revisão da literatura

2.1 Enquadramento teórico

2.1.1 O vento

A energia contida no vento é de origem solar. Devido ao facto de a radiação solar atingir a superfície terrestre de forma irregular, originam-se áreas com diferentes temperaturas, densidades e pressões. O vento consiste então no deslocamento de ar entre estas diferentes zonas, sendo este caracterizado pela sua velocidade e pela sua direcção [2].

A escala de medição da frequência da velocidade do vento foi elaborada por Beaufort, sendo formada por índices que caracterizam a faixa de velocidade e o seu tipo, conforme a tabela 2.1 [1].

FORÇA	TIPO	FAIXA DE VELOCIDADES	
		$m.s^{-1}$	$km.h^{-1}$
0	Calma	0,0 – 0,3	0 – 1
1	Brisa muito fraca	0,3 – 1,5	1 – 5
2	Brisa fraca	1,5 – 3,0	6 – 11
3	Brisa estabelecida	3,5 – 5,0	12 – 19
4	Brisa forte	5,5 – 7,0	20 – 28
5	Brisa boa	8,0 – 10	29 - 38
6	Vento fresco	11 – 13	39 - 49
7	Vento forte	14 – 17	50 – 61
8	Rajadas	18 – 20	62 – 74
9	Rajadas fortes	21 – 24	75 – 88
10	Tempestade	25 – 28	89 – 102
11	Tempestade violenta	29 – 32	103 – 117
12	Furacão	> 33	> 118

Tabela 2.1: Classificação da velocidade do vento de acordo com a escala de Beaufort. Adaptado de [1].

Rosa-dos-ventos

No estudo das características eólicas, a rosa-dos-ventos representa a frequência das direcções do vento observado num determinado local. A direcção predominante pode então ser identificada, sendo um aspecto essencial para que os aerogeradores se localizem nas posições adequadas [5].

Uma rosa-dos-ventos pode ser dividida tipicamente entre 8 a 24 sectores. A direcção é medida em graus (de 0 a 360°), no sentido horário, a partir do Norte. Por exemplo, se a divisão for feita em 8, a direcção predominante do vento é 45°, quando indicar NE. Normalmente utiliza-se a divisão em 12 partes representativas de 30° cada. O raio representado pela maior faixa de direcção indica a frequência de referência, que serve de parâmetro para a determinação das restantes frequências, o que define o período temporal em que o vento sopra, contribuindo com uma quantidade de energia em determinada direcção [5].

Na figura 2.1, mostra-se um exemplo de uma rosa-dos-ventos. A faixa a preto indica a percentagem do tempo contabilizado que o vento percorreu em cada sector. Verifica-se que a direcção predominante é a SE.

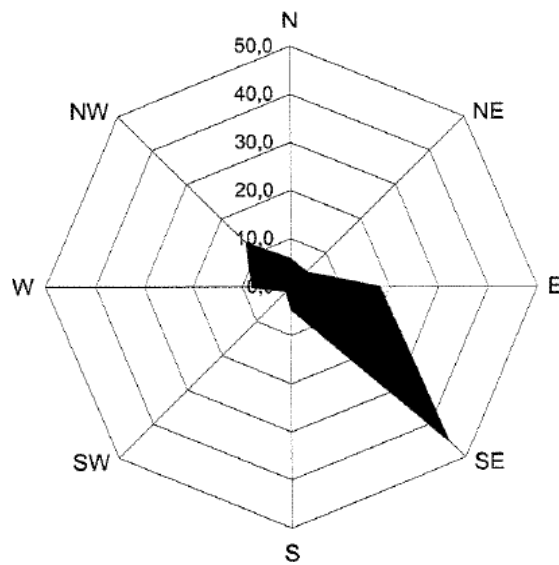


Figura 2.1: Representação de uma rosa-dos-ventos. Adaptado de [1].

Variação no tempo

O módulo da velocidade do vento e a sua direcção encontram-se em constante variação no tempo. Na figura 2.2, apresenta-se o registo gráfico das medições efectuadas por um anemómetro, com uma periodicidade de amostragem de 1 minuto localizado no parque eólico de Terras Altas de Fafe.

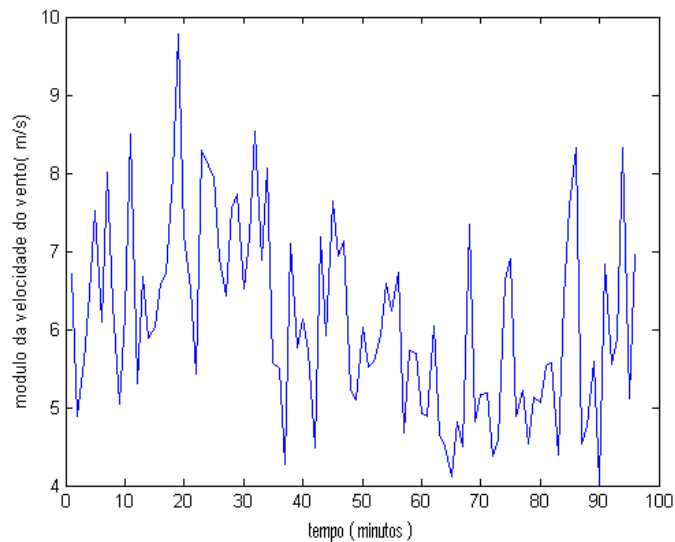


Figura 2.2: Ilustração da variação da velocidade do vento ao longo do tempo.

O vento é também muitas vezes descrito no domínio da frequência. A figura 2.3, ilustra um exemplo de uma representação espectral de vento, ou seja, apresenta uma medida da energia cinética associada à componente horizontal da velocidade do vento. Este tipo de representações, são conhecidas por densidades espectrais de energia [6].

Apesar de análises rigorosas dos espectros de vento mostrarem que estes só são válidos para as zonas onde se efectuaram as medições, tem-se verificado que a sua forma geral se mantém constante [6].

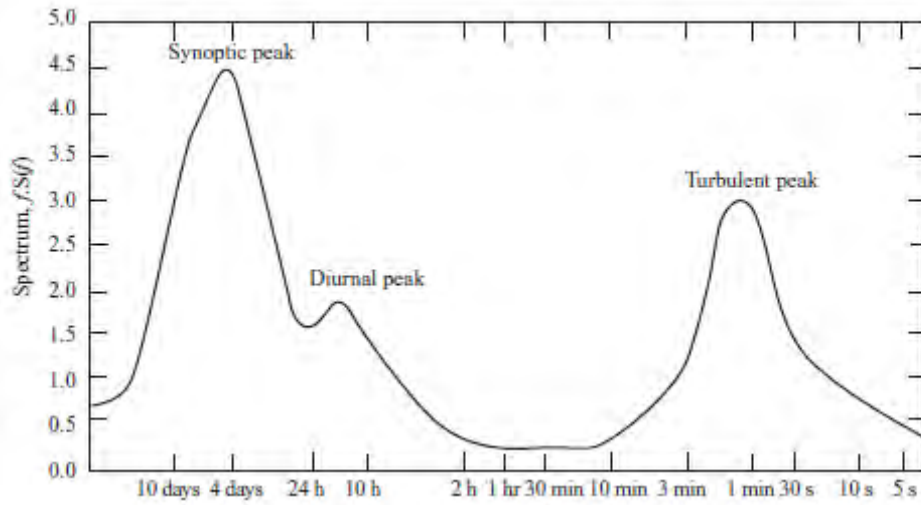


Figura 2.3: Densidade espectral de energia. Adaptado de [6].

Modelo do vento

A presença da zona de vazio espectral, associada a uma pequena quantidade de energia (ver figura 2.3), permite tratar separadamente as duas características do vento, e encarar a turbulência como uma perturbação ao escoamento quase – estacionário, caracterizado por uma velocidade média. Em termos matemáticos é possível representar a velocidade do vento, $\vec{v}(t)$, da seguinte forma:

$$\vec{v}(t) = \overline{\vec{v}(t)} + \vec{v}'(t) \quad 2.1$$

onde $\overline{\vec{v}(t)}$ representa a velocidade média e $\vec{v}'(t)$ representa a turbulência [7].

A média anual da velocidade do vento considera todas as variações de velocidade, tanto as lentas como as rápidas. Tendo em conta que a potência depende da velocidade do vento, esta simplificação afecta seriamente as estimativas de energia eléctrica produzidas [5].

A turbulência também afecta a conversão da energia cinética do vento em energia eléctrica, por parte do aerogerador, tendo em conta que este não reage, de forma instantânea, a oscilações bruscas no módulo da velocidade ou na direcção do vento [6].

Vento quasi-estacionário

No caso de existirem variações lentas no módulo e na direcção da velocidade do vento é comum recorrer-se a distribuições estatísticas teóricas, do tipo densidade de probabilidade. Isto é,

uma função que descreve a probabilidade de a velocidade do vento ser igual a um determinado valor [5]. Para tal, o número de ocorrências de cada velocidade, é contabilizado e expresso em função do número total de horas do período em análise, de forma a obter a descrição estatística do regime de ventos no local [2].

Considerando a definição de densidade de probabilidade, surge a necessidade/problema em definir a largura da faixa delimitada por esses dois valores. Caso seja apertada em demasia, é possível pesar em excesso velocidades de vento que tenham ocorrido um número reduzido de vezes. Se for demasiado largo, é plausível que não sejam contabilizados valores que possuem um peso significativo na distribuição de velocidades [6].

Distribuição de Weibull

Na tentativa de descrever o regime de ventos, têm sido sugeridas várias distribuições probabilísticas. No entanto, a distribuição de Weibull é unanimemente considerada a mais adequada [7]. Matematicamente a função densidade de probabilidade de Weibull - $f(\bar{u})$ -, é descrita por:

$$f(\bar{u}) = \frac{k}{c} \left(\frac{u}{c} \right)^{k-1} \cdot \exp \left\{ - \left[\left(\frac{u}{c} \right)^k \right] \right\} \quad 2.2$$

onde, \bar{u} representa a velocidade média do vento, c é um parâmetro de escala, com dimensões de velocidade, e k é um parâmetro de forma que não possui dimensões. A função Gamma, Γ , relaciona os parâmetros c e k , com as características estatísticas da velocidade do vento, através das seguintes expressões:

$$\bar{u} = c \Gamma \left(1 + \frac{1}{k} \right) \quad 2.3$$

$$\sigma^2 = c^2 \left[\Gamma \left(1 + \frac{2}{k} \right) - \left(\Gamma \left(1 + \frac{1}{k} \right) \right)^2 \right] \quad 2.4$$

onde, σ é o desvio padrão da velocidade do vento.

Turbulência

É possível visualizar a turbulência através da observação de uma série de turbilhões tridimensionais, de diferentes tamanhos, a deslocarem-se ao longo de um escoamento [6].

A turbulência caracteriza-se por ser um fenómeno aleatório, o que impossibilita que seja tratada de forma determinística, sendo então necessário recorrer a técnicas estatísticas. A turbulência do vento é causada pela dissipação de energia cinética, que se converte em energia térmica através da criação e destruição de turbilhões progressivamente menores. Este fenómeno pode apresentar uma média relativamente constante ao longo do tempo, quando se consideram períodos de tempo superiores a uma hora. No entanto, em períodos de tempo relativamente pequenos, inferiores a uma hora, pode existir um valor médio bastante variável [7].

A turbulência atmosférica prejudica o rendimento do aerogerador, sobretudo devido às variações na velocidade do vento. No entanto, o seu impacto é bastante mais visível ao nível dos esforços aos quais o aerogerador fica submetido, o que torna a turbulência um factor determinante num projecto de turbinas eólicas [7].

A variação do vento, quer em módulo quer em direcção, origina, flutuações na potência eléctrica produzida pelos aerogeradores, ainda que numa gama de frequências mais estreita, já que os modernos aerogeradores funcionam como um filtro passa-baixo. Tendo em conta que a referida característica do vento é de cariz aleatório, o tratamento estatístico desta variação torna-se imperativo [6].

Intensidade da turbulência

A turbulência do vento pode ser quantificada pela intensidade da turbulência, IT, que é definida como sendo a razão entre o desvio padrão da intensidade da velocidade do vento e a média da intensidade da velocidade do vento [5]. Neste cálculo, tanto a média como o desvio padrão devem ser obtidos para um período de tempo, mais longo do que o período de tempo em que ocorrem as flutuações turbulentas, mas mais curtos que os períodos de tempo em que ocorrem outro tipo de flutuações diurnas de menor frequência [11]. IT, é definida por:

$$IT = \frac{\sigma_u}{U} \quad 2.5$$

onde, U representa a velocidade média e σ_u o desvio padrão da amostra dado por:

$$\sigma_u = \sqrt{\frac{1}{N_s - 1} \sum_{i=1}^{N_s} (u_i - U)^2} \quad 2.6$$

onde, u_i representa a velocidade do vento no instante i, e N_s representa o número de valores de velocidade medidos.

O valor típico de intensidade da turbulência encontra-se compreendido entre 0,1 e 0,4. Em geral os valores mais elevados de intensidade da turbulência ocorrem para baixas velocidades de vento, mas o limite mínimo deste parâmetro dependerá das características do terreno e das condições da superfície do local onde a velocidade do vento é medida [6].

2.1.2. Aerodinâmica de aerogeradores

Um aerogerador é um dispositivo cuja principal função é extrair energia cinética do vento e convertê-la em energia eléctrica. Quando uma parte da energia cinética do vento é removida pelo aerogerador verifica-se que a massa de ar que o atravessa passa a ter uma velocidade menor. Assumindo-se que a massa de ar “afectada”, após atravessar o rotor do aerogerador, permanece separada da restante massa de ar que não atravessou o rotor, e da qual não foi removida energia cinética, é possível idealizar uma superfície de fronteira entre estas duas massas de ar (figura 2.4), que apresentam diferentes características relativamente à velocidade a que se propagam. Esta superfície de fronteira pode ser estendida a montante e a jusante formando um longo tubo de fluxo de secção circular [7].

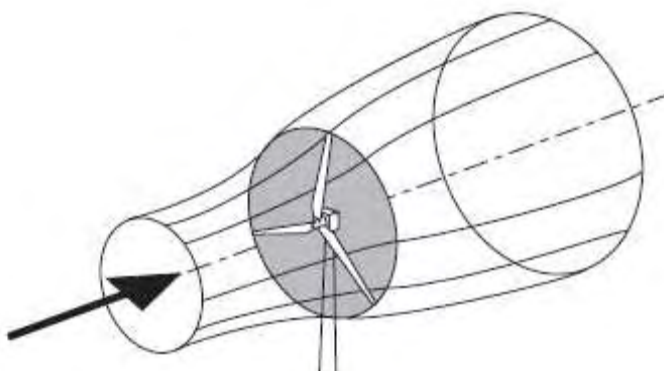


Figura 2.4: Representação esquemática da extracção de energia cinética do vento por parte de um aerogerador. Adaptado de [7].

O mecanismo descrito anteriormente é relativo à extracção de energia cinética do vento, e em nada explica o que acontece com essa energia, a qual pode ser convertida em trabalho útil. Uma fracção da energia extraída do vento pode retornar ao vento, por efeitos de turbulência, ou eventualmente, ser dissipada sob a forma de calor. No entanto, é possível iniciar uma análise do comportamento aerodinâmico de turbinas eólicas sem qualquer concepção específica relativamente a um dado aerogerador em particular. Esta tarefa pode ser realizada através de um esquema genérico denominado disco actuador (figura 2.5) [7].

A massa de ar que passa através de uma dada secção do tubo de fluxo, por unidade de tempo é dada por: ρAU , onde ρ , representa a densidade do ar, A , representa a área da secção transversal e U , representa a velocidade de escoamento.

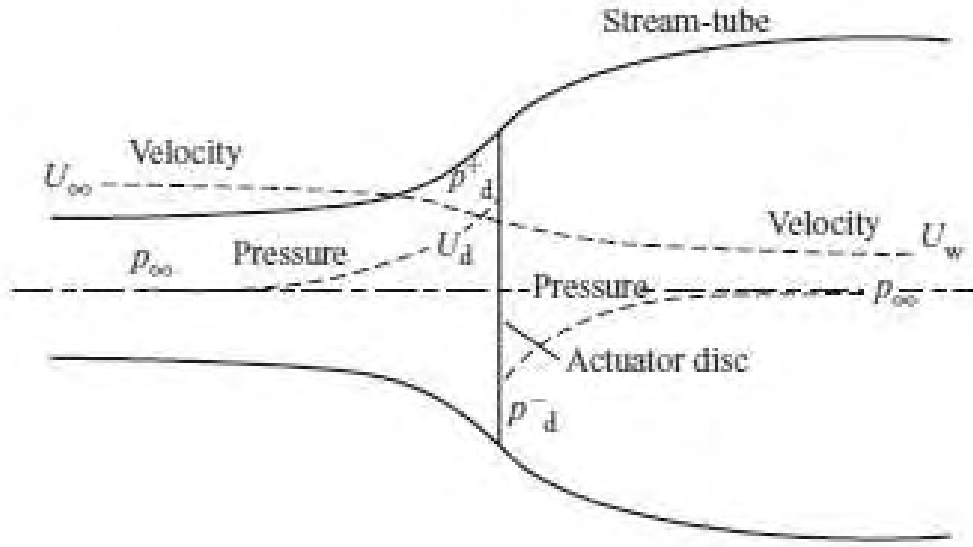


Figura 2.5: Representação de um disco actuador no interior de um tubo de fluxo. Adaptado de [7].

O fluxo de massa de ar tem de ser o mesmo ao longo de todo o tubo, logo é possível escrever:

$$\rho A_{\infty} U_{\infty} = \rho A_d U_d = \rho A_w U_w \quad 2.7$$

O símbolo ∞ , refere as condições muito a montante, d refere-se às condições ao longo do disco e w está associado às condições que se encontram em locais distantes do disco. Normalmente considera-se que o disco actuador induz velocidades de variação que se sobrepõem à velocidade de fluxo livre. A componente de ruído do fluxo que se induz no escoamento é determinada por $-aU_{\infty}$, onde a é o factor de indução axial de fluxo ou factor de indução [7]. No disco, a velocidade de fluxo é dada por:

$$U_d = U_{\infty} (1 - a) \quad 2.8$$

Teoria do momento

O ar que passa através do disco sofre uma mudança global na velocidade, $U_{\infty} - U_w$ e a taxa de variação na dinâmica da velocidade do ar, Δdma , é dada pelo produto entre a variação da velocidade e o caudal da massa de ar, obtendo-se assim:

$$\Delta dma = (U_{\infty} - U_w) \rho A_d U_d \quad 2.9$$

A força que provoca a mudança na dinâmica da massa de ar deve-se inteiramente a diferenças de pressão ao longo do disco actuador, já que o tubo de fluxo se encontra completamente rodeado por ar à pressão atmosférica [7]. Assim sendo, é possível escrever a seguinte expressão:

$$(p_d^+ - p_d^-)A_d = (U_\infty - U_w)\rho A_d U_\infty (1 - a) \quad 2.10$$

A diferença de pressão $(p_d^+ - p_d^-)$ é obtida através da equação de Bernoulli. Esta equação é aplicada em separado para a secção a montante e para a secção a jusante do tubo de fluxo. É necessário separar as equações, devido ao facto de a energia total ser diferente nas duas secções do tubo [7].

Para que seja possível aplicar a equação de Bernoulli é necessário que as seguintes condições sejam satisfeitas: escoamento sem viscosidade, escoamento em estado estacionário, escoamento incompressível (ρ constante em todo o escoamento). Facilmente se constata que no caso em estudo todos os pressupostos exigidos à aplicação desta equação se verificam. Assim sendo, é possível escrever, que por unidade de volume de ar:

$$\frac{1}{2}\rho U^2 + P + \rho gh = \text{constante} \quad 2.11$$

onde, h representa a altura do aerogerador, g representa a aceleração da gravidade e P representa a pressão exercida pelo vento no aerogerador.

Em relação à secção a montante tem-se:

$$\frac{1}{2}\rho_\infty U_\infty^2 + \rho_\infty gh_\infty = \frac{1}{2}\rho_d U_d^2 + p_d^+ + \rho_d gh_d \quad 2.12$$

Tendo em conta que o fluido é incompressível, fica:

$$\frac{1}{2}\rho U_\infty^2 + p_\infty = \frac{1}{2}\rho U_d^2 + p_d^+ \quad 2.13$$

de forma similar, para a secção a jusante fica:

$$\frac{1}{2}\rho U_w^2 + p_\infty = \frac{1}{2}\rho U_d^2 + p_d^- \quad 2.14$$

Subtraindo as equações fica:

$$\frac{1}{2}\rho(U_\infty^2 - U_w^2)A_d = (U_\infty - U_w)\rho A_d U_\infty (1 - a) \quad 2.15$$

logo:

$$U_w = (1 - 2a)U_\infty \quad 2.16$$

Ou seja metade das perdas da velocidade axial, no tubo de fluxo, ocorre a montante e a outra metade ocorre a jusante [7].

Coefficiente de potência

Complementando a equação 2.10, é possível escrever que:

$$F = (p_d^+ - p_d^-)A_d = (U_\infty - U_w)\rho A_d U_\infty (1 - a) \quad 2.17$$

A força, F , é concentrada no disco actuador, e a taxa de trabalho útil efectuada por esta força é FU_d . Assim sendo, a potência extraída a partir do vento é dada por:

$$c_p = \frac{\text{Potência}}{\frac{1}{2} \rho U_\infty^3 A_d} \quad 2.18$$

O denominador da expressão anterior representa a potência disponível no vento. Na ausência de disco actuador o coeficiente de potência seria dado por:

$$c_p = 4a(1-a)^2 \quad 2.19$$

Limite de Betz

O valor de a , para o qual c_p é máximo, pode ser determinado através da seguinte equação:

$$\frac{dc_p}{da} = 4(1-a)(1-3a) = 0 \quad 2.20$$

Obtendo-se então que o valor de a que maximiza c_p é $\frac{1}{3}$. Surge então que:

$$C_{p_{MAX}} = \frac{16}{27} = 0,593 \quad 2.21$$

Este valor é normalmente conhecido como limite de Betz, indicando que o rendimento máximo que um aerogerador pode atingir é de 59,3% [7].

2.1.3 Função potência

A função potência de um aerogerador é um gráfico que indica qual será a potência eléctrica disponível em um aerogerador em função da velocidade do vento [14]. Um exemplo de uma função potência é dado pela figura 2.6.

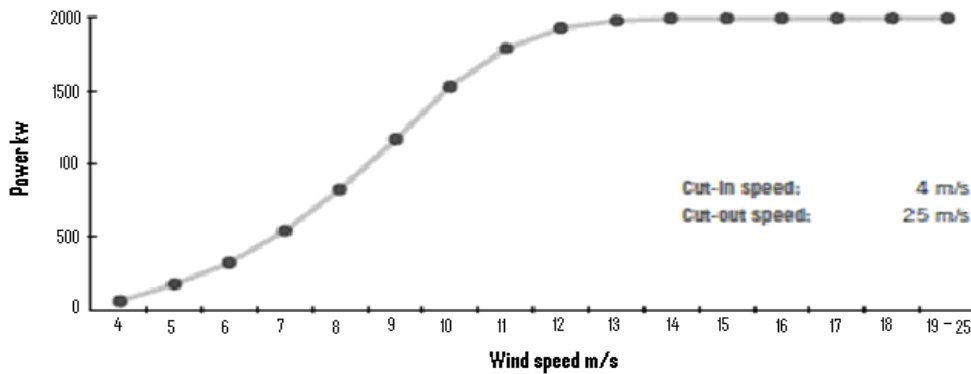


Figura 2.6: Função potência de um aerogerador da empresa Gamesa, modelo G80 de 2MW para $\rho = 1,225 \text{ kg} / \text{m}^3$. Adaptado de [8].

A determinação da função potência depende do regime de ventos no local da instalação do aerogerador, e também de outros factores como a densidade do ar, temperatura e topografia do local onde o parque eólico se localiza.

A função potência, presente na figura 2.6, indica que a produção de potência se inicia a partir de uma determinada velocidade de vento. À medida que a velocidade do vento aumenta, aumenta também a potência do aerogerador, até que este atinge a sua potência nominal. No caso da velocidade do vento continuar a aumentar atinge-se a velocidade de corte, instante em que um mecanismo de protecção do aerogerador é activado. Desta forma, a carga aerodinâmica no aerogerador é diminuída, de forma a evitar danos na sua estrutura.

Dispersão no gráfico potência medida vs velocidade do vento

A função potência representada na figura 2.6, foi concebida com base no pressuposto de que um aerogerador responde de forma instantânea a uma dada alteração na direcção ou no módulo da velocidade do vento. Por exemplo, de acordo com a figura 2.6, se num dado instante o vento possui uma direcção de 30° e sopra com uma velocidade de 11 m/s a potência produzida pelo aerogerador é de 1794,7 kw, e, se no instante seguinte o vento soprar com velocidade 8 m/s e com uma direcção de 60° a potência produzida pelo aerogerador já será 1174,8 kw. Ora, este não é um comportamento realista, por parte do aerogerador, pois este demora a ajustar-se às variações do vento, tanto no que diz respeito às variações ao nível da direcção como ao nível do módulo da velocidade [9]. Este intervalo de tempo contribui para a existência de uma dispersão no gráfico potência de saída do aerogerador vs velocidade do vento. Quer isto dizer que, analisando os valores de potência de saída de um parque eólico em função da velocidade do vento, verifica-se que existem vários valores de potência que correspondem a um dado valor de velocidade. Este facto é conhecido como dispersão da função potência [9]. Assim sendo, para se obter uma função potência que se aproxime o máximo possível da realidade, esta tem de ser calculada tendo em conta as variações do vento num dado local. A figura 2.7 ilustra os valores reais de potência produzidos por um aerogerador em função da velocidade do vento.

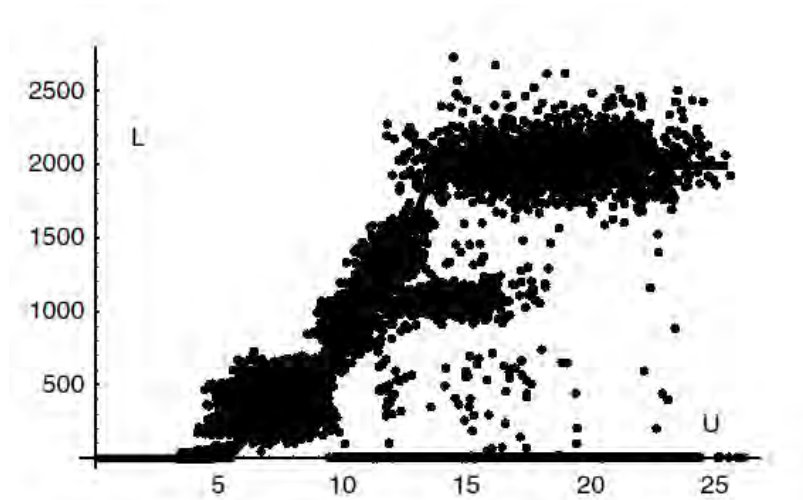


Figura 2.7: Função potência típica de um parque eólico. Adaptado de [9].

2.2 Revisão da literatura

A previsão da potência eólica é um problema complexo, devido ao comportamento aleatório do vento e às não linearidades presentes na função potência de aerogeradores. Assim, a investigação incide no estudo e desenvolvimento de ferramentas computacionais com o intuito de prever a potência eólica com precisão [10].

Qualquer método de previsão da potência eólica só poderá obter resultados satisfatórios se, à partida, obtiver melhores resultados, ou seja, menores erros na previsão do que os métodos considerados como sendo métodos de referência [10].

Os métodos considerados como métodos de referência são normalmente métodos simples, como o método da persistência, em que se considera que o valor previsto é igual ao apresentado no presente. Embora este método seja um método bastante simples, apenas se torna fiável para previsões em horizontes temporais a muito curto prazo [11].

De um modo geral, podem distinguir-se três métodos de previsão: métodos físicos, métodos estatísticos e métodos combinados [3]. Os métodos físicos tentam utilizar apenas considerações físicas para alcançar as melhores estimativas da velocidade do vento. Os métodos estatísticos procuram encontrar relações empíricas entre as variáveis explicativas e o valor da variável a prever, utilizando normalmente técnicas recursivas. Neste caso, é necessário determinar analiticamente uma expressão que traduza a relação entre os valores de entrada e saída.

Contudo, métodos estatísticos mais sofisticados, como as redes neuronais artificiais, conseguem encontrar essa relação entre os valores de entrada e saída de modo a se gerarem melhores previsões que os métodos clássicos [12].

Recentemente, alguns autores [11] têm proposto métodos baseados na agregação do histórico de dados de um determinado parque eólico. A divisão é efectuada de acordo com as características dos dados em análise. Os dados podem ser agrupados por intervalo de direcção, por

intervalo de tempo, ou horário, ou por intervalo de velocidade sendo, em seguida, estimada uma função potência para cada intervalo considerado. Nesta abordagem, pressupõe-se que as propriedades estatísticas do vento são diferentes em cada grupo ou classe. Este estudo pretende aplicar este último método para o cálculo da função potência.

3. Dados e métodos

Neste trabalho foram analisados dados referentes ao parque eólico de Terras Altas de Fafe. Estes confinam-se ao período de Janeiro de 2006 a Dezembro de 2007. Os dados considerados são constituídos por valores de direcção e módulo da velocidade do vento, e potência média por aerogerador, registados em intervalos de um minuto. Os valores de direcção e intensidade do vento foram obtidos através de um anemómetro que, supostamente, representa o comportamento do vento em todo o parque. Por sua vez, a potência média por aerogerador, foi obtida fazendo-se a razão entre a potência total gerada pelo parque, num dado instante, pelo número de aerogeradores em funcionamento, nesse mesmo instante.

3.1. Parque eólico de Terras Altas de Fafe

O parque eólico de Terras Altas de Fafe é constituído por 40 aerogeradores, cuja capacidade individual máxima de produção de energia é, de acordo com o fabricante, de 2MW de potência. Desta forma, a potência máxima teórica do parque é de 80MW. Os aerogeradores são de marca GAMESA e modelo G87, como é possível verificar através da tabela 3.1, fornecida pela REN. A figura 3.1 apresenta a localização geográfica do parque.

Nome do parque eólico	Terras Altas de Fafe
Início de funcionamento	28 de Dezembro de 2004
Potência nominal	80 MW
Nº de aerogeradores	40
Potência máx. por aerogerador	2 MW
Fabricante	Gamesa
Modelo	G87 Pitch
Ano de ligação à rede	2004
Latitude	41,4896°
Longitude	8,0756°
Referencial	UTM ED50

Tabela 3.1: Quadro resumo das características do parque eólico em estudo.

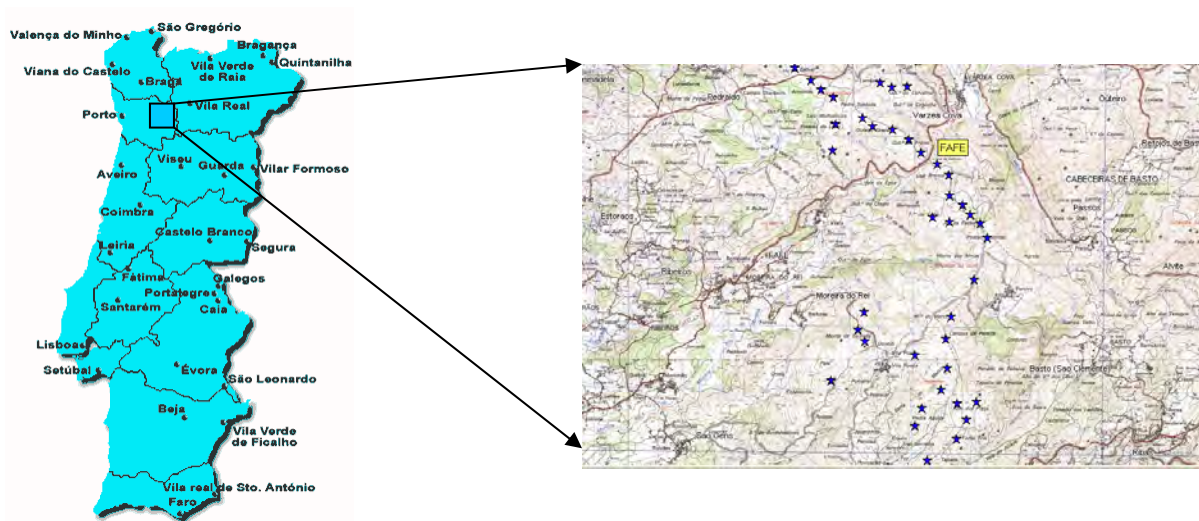


Figura 3.1: Localização geográfica do parque eólico de Terras Altas de Fafe e dos aerogeradores (★).

3.2 Controle de qualidade dos dados

Os resultados finais de qualquer estudo, resultante da análise de uma grande quantidade de dados, dependem fortemente da qualidade dos dados em análise. A qualidade dos dados depende, entre outros, da frequência das observações, do intervalo de tempo entre o qual as observações são efectuadas, da precisão do equipamento de medida e também da experiência e conhecimento do responsável por efectuar as medições.

Desta forma, tornou-se imperativo neste trabalho, assegurar a máxima qualidade dos dados em estudo. Para tal, procedeu-se a um controlo de qualidade de forma a eliminar todos os valores sem significado físico. Foram criados 3 filtros com a seguinte função:

Filtro 1: Eliminar velocidades do vento inferiores a 0 m/s.

Filtro 2: Eliminar valores de direcção do vento inferiores a 0° e superiores a 360°.

Filtro 3: Eliminar valores de potência média do parque inferiores a 0 MW e superiores a 2MW.

Os filtros foram aplicados sequencialmente aos dados e o resultado é ilustrado na tabela 3.2.

		Nº de dados	Filtro 1			Filtro 2			Filtro 3			Percentagem de dados eliminados
			Elimi.	%	Total	Elimi.	%	Total	Elimi.	%	Total	
Estação	Ano	524451	0	0	524451	22250	4,2	502201	1613	0,3	522838	4,5%
	Inverno	129541	0	0	129541	8943	6,9	120598	659	0,5	128882	7,4%
	Primavera	131040	0	0	131040	4502	3,4	126538	130	0,1	130910	3,5%
	Verão	132480	0	0	132480	5148	3,8	127332	394	0,3	132086	4,1%
	Outono	131410	0	0	131410	3657	2,7	127753	430	0,3	130980	3,1%
Mês	Janeiro	44640	0	0	44640	2543	5,6	42097	8	0,02	44632	5,6%
	Fevereiro	40321	0	0	40321	498	1,2	39823	372	0,9	39949	2,1%
	Março	44580	0	0	44580	5902	13,2	38678	279	0,6	44301	13,8%
	Abril	43200	0	0	43200	2057	4,7	41143	90	0,2	43110	4,9%
	Maiο	44640	0	0	44640	1637	3,6	43003	4	0,008	44636	3,6%
	Junho	43200	0	0	43200	808	1,8	42392	36	0,08	43164	1,8%
	Julho	44640	0	0	44640	246	0,5	44394	394	0,9	44246	1,1%
	Agosto	44640	0	0	44640	3929	8,8	40711	0	0	44640	0%
	Setembro	43200	0	0	43200	973	2,2	42227	0	0	43200	0%
	Outubro	44702	0	0	44702	1531	3,4	43171	0	0	44702	0%
	Novembro	43200	0	0	43200	641	1,4	42559	427	0,9	42773	2,3%
	Dezembro	43508	0	0	43508	1485	3,4	42023	3	0,007	43505	3,4%

Tabela 3.2: Resultado da aplicação dos diferentes filtros para controlo de qualidade.

Verifica-se que o filtro 1, não elimina nenhum valor de velocidade, constando-se assim que todos os valores de velocidade disponíveis são superiores a zero. O filtro 2, é aquele que maior quantidade de dados elimina, com especial ênfase no mês de Março, em que através deste filtro são eliminados 13,2% dos dados. No que diz respeito ao filtro 3, é de referir que através deste se elimina uma pequena quantidade de dados. Conclui-se, desta forma, que há poucos dados de potência média superiores a 2MW.

Considerou-se ainda que variações bruscas de direcção do vento não são realistas. Assim, foi calculada a variação da direcção do vento, entre instantes de tempo consecutivos (1 minuto). Foi contabilizado o número de ocorrências de variação da direcção de vento para vários valores de variação, nomeadamente, 22,5°, 45°, 90° e 180°. Os resultados alcançados encontram-se resumidos na tabela 3.3.

Após a análise da tabela 3.3, optou-se por eliminar todos os dados relativos a variações de direcção superiores a 45°, entre dois instantes consecutivos, considerando que as mesmas não representam processos físicos.

Assim, apesar de terem sido eliminados alguns dados através deste controlo de qualidade, pode-se afirmar que os resultados finais possuem um elevado grau de confiança devido à grande quantidade de dados disponíveis.

	Variação de direcção > 180°		Variação de direcção > 90°		Variação de direcção > 45°		Variação de direcção > 22,5°		Módulo da velocidade entre 4 e 25 m/s	
	Dados eliminados	%	Dados eliminados	%	Dados eliminados	%	Dados eliminados	%	Dados eliminados	%
Janeiro	0	0%	345	0,79%	2048	4,74%	6309	14,60%	18033	40,391%
Fevereiro	0	0%	2301	5,37%	5919	13,70%	10876	25,17%	10731	24,03%
Março	719	1,66%	2489	5,76%	5476	12,67%	10627	24,59%	11402	25,54%
Abril	190	0,43%	312	0,72%	1158	2,68%	4032	9,33%	16695	37,39%
Maio	198	0,45%	321	0,74%	1160	2,68%	4596	10,63%	16282	36,47%
Junho	164	0,37%	354	0,81%	1604	3,71%	15559	36,01%	15233	34,12%
Julho	233	0,53%	375	0,86%	1506	3,48%	5205	12,04%	18540	41,53%
Agosto	221	0,51%	339	0,78%	1040	2,40%	4023	9,31%	12571	28,16%
Setembro	100	0,23%	211	0,48%	993	2,29%	5395	12,48%	11858	26,56%
Outubro	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	20554	46,04%
Novembro	47	0,10%	112	0,25%	616	1,42%	3177	7,35%	13126	29,40%
Dezembro	0	0%	179	0,41%	540	1,24%	2685	6,21%	17108	38,32%

Tabela 3.3: Análise da frequência de ocorrência de variações na direcção da velocidade do vento.

3.3 Análise dos dados de velocidade do vento.

Os dados resultantes foram agregados em 4 grupos, um para cada estação do ano, nomeadamente, Primavera (Março, Abril e Maio), Verão (Junho, Julho e Agosto), Outono (Setembro, Outubro e Novembro) e Inverno (Dezembro, Janeiro e Fevereiro).

3.3.1 Distribuição de probabilidade

Em seguida são apresentados os resultados obtidos em relação à análise estatística dos dados correspondentes a cada uma das estações do ano. A figura 3.2 mostra o histograma dos dados de velocidade de vento e o respectivo ajuste à distribuição de Weibull.

Através da análise da figura 3.2, é possível constatar que, mesmo existindo variações na função densidade de probabilidade, os dados de velocidade de vento referentes a cada uma das estações do ano assumem uma distribuição estatística esperada, ou seja, assumem a distribuição de Weibull. Isto permite concluir que apesar de terem sido eliminados alguns dados, com características erróneas, as séries temporais de valores de velocidade utilizadas continuam a definir com coerência as características do vento do parque eólico de Terras Altas de Fafe [4].

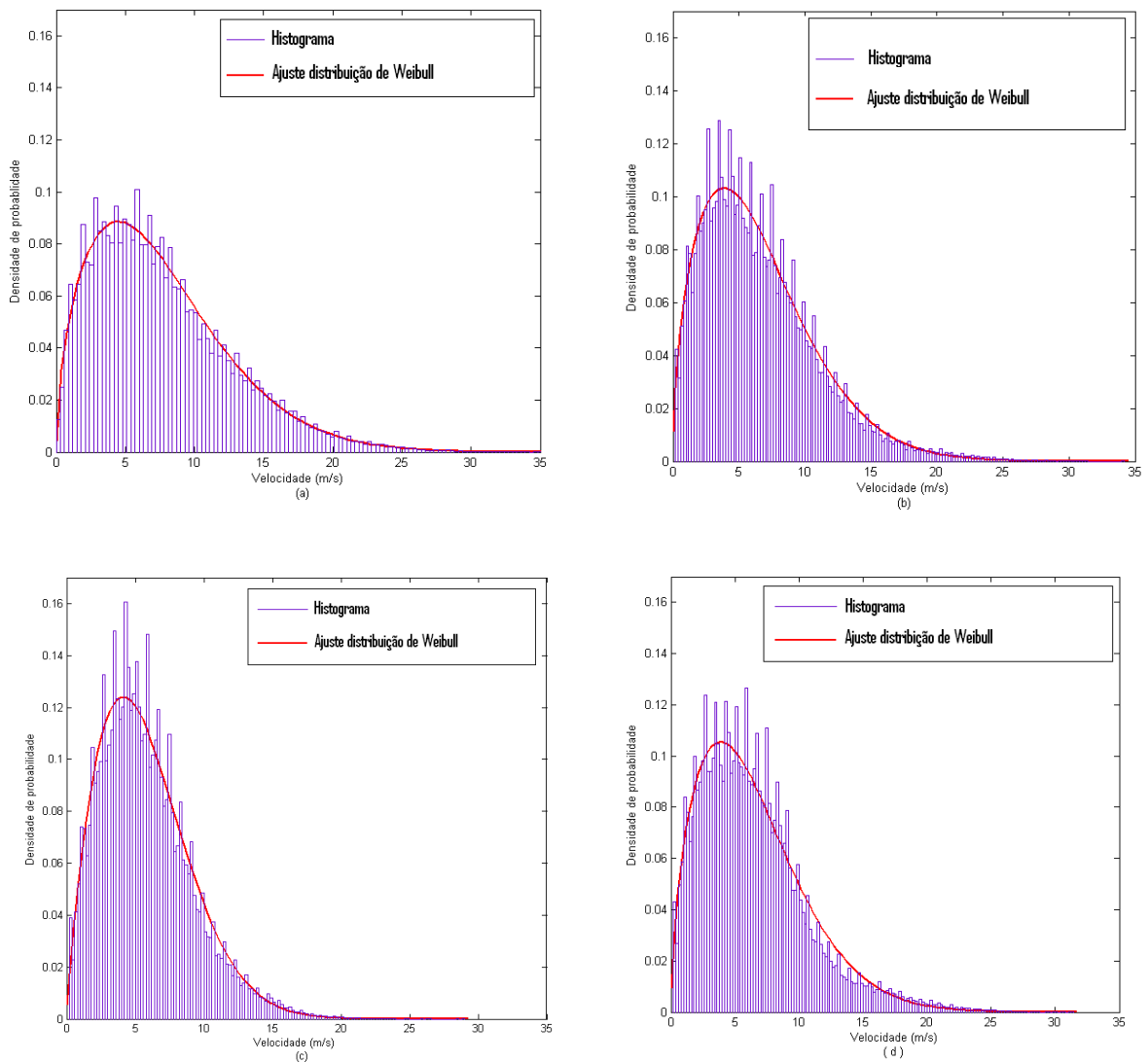


Figura 3.2: Ajuste da distribuição de Weibull à função densidade de probabilidade; (a) Inverno, (b) Primavera, (c) Verão, (d) Outono.

A tabela 3.4, para além de conter os parâmetros que caracterizam a distribuição de Weibull, mostra também a média e a variância dos valores de velocidade do vento relativos a cada uma das estações do ano.

Verifica-se que existem diferenças entre as médias do módulo da velocidade do vento para as quatro estações do ano. As estações de Inverno e Outono possuem médias de módulo de velocidade mais elevadas que as médias verificadas nos meses de Verão e Primavera. Também a variância apresenta diferenças entre as diferentes estações do ano.

<i>Estação do Ano</i>	Inverno	Média (m/s)	8,4376	
		Variância (m ² /s ²)	17,527	
		Parâmetros da distribuição	k	1,5720 ± 0,0034
			c	7,1681 ± 0,0137
	Primavera	Média (m/s)	6,1932	
		Variância (m ² /s ²)	11,7612	
		Parâmetros da distribuição	k	1,8761 ± 0,0040
			c	6,9764 ± 0,0110
	Verão	Média (m/s)	5,8393	
		Variância (m ² /s ²)	10,6562	
		Parâmetros da distribuição	k	1,8564 ± 0,0106
			c	6,5751 ± 0,0173
	Outono	Média (m/s)	7,99	
		Variância (m ² /s ²)	26,5983	
		Parâmetros da distribuição	k	1,58638 ± 0,0036
			c	8,91207 ± 0,0173

Tabela 3.4: Caracterização estatística dos dados de velocidade e respectivos parâmetros da distribuição de Weibull.

Com o objectivo de avaliar quantitativamente as diferenças entre as distribuições estatísticas do módulo da velocidade do vento, de cada uma das estações do ano, foi efectuado um teste Mann-Whitey U.

O teste Mann-Whitey U foi aplicado avaliando as seguintes hipóteses:

H_0 = Distribuições de probabilidade iguais

H_1 = Distribuições de probabilidade diferentes

O teste avalia a probabilidade de rejeitar/aceitar a hipótese H_0 , a um nível de significância determinado.

A tabela 3.5 mostra os resultados alcançados, quando são testadas as distribuições do módulo da velocidade de todas as estações do ano.

A hipótese H_0 é rejeitada, quando o respectivo p-value é superior a 0,05.

	Inverno	Outono	Primavera
Outono	0,056		
Primavera	0,120	0,06	
Verão	0,112	0,75	0,059

Tabela 3.5: resultados do teste *Mann-Whitey U*, em relação às distribuições do módulo da velocidade das diferentes estações do ano.

Pode-se concluir, por análise da tabela 3.5, que as distribuições do módulo da velocidade, relativas a cada uma das estações do ano, são diferentes.

Desta forma, justifica-se a análise separada para cada uma das estações do ano.

3.3.2. Análise da variância em função do período horário

Com o objectivo de avaliar a forma como varia o módulo da velocidade do vento ao longo dia, os valores de velocidade foram agrupados em classes 3 horas (ver na secção 3.3 a definição de classes). Calculou-se a média e variância para cada classe e avaliou-se a forma como o módulo da velocidade varia ao longo do dia. Os resultados obtidos são mostrados na figura 3.3, para cada estação do ano. Verifica-se que em todas as estações do ano o módulo da velocidade do vento apresenta diferentes variâncias em diferentes períodos horários. Verifica-se também que, em geral, à medida que a média do módulo da velocidade do vento aumenta, a sua variância diminui.

Seguindo-se a mesma metodologia, efectuou-se a mesma análise em relação à variância da variação da direcção do vento, em instantes consecutivos (figura 3.4). Também em relação a este parâmetro foi possível verificar que a direcção da velocidade do vento varia de forma mais ou menos acentuada dependendo da hora do dia. É ainda possível verificar-se que, em geral, à medida que a média do módulo da velocidade do vento aumenta, a variância da variação da direcção do vento em instantes de tempo consecutivos, diminui.

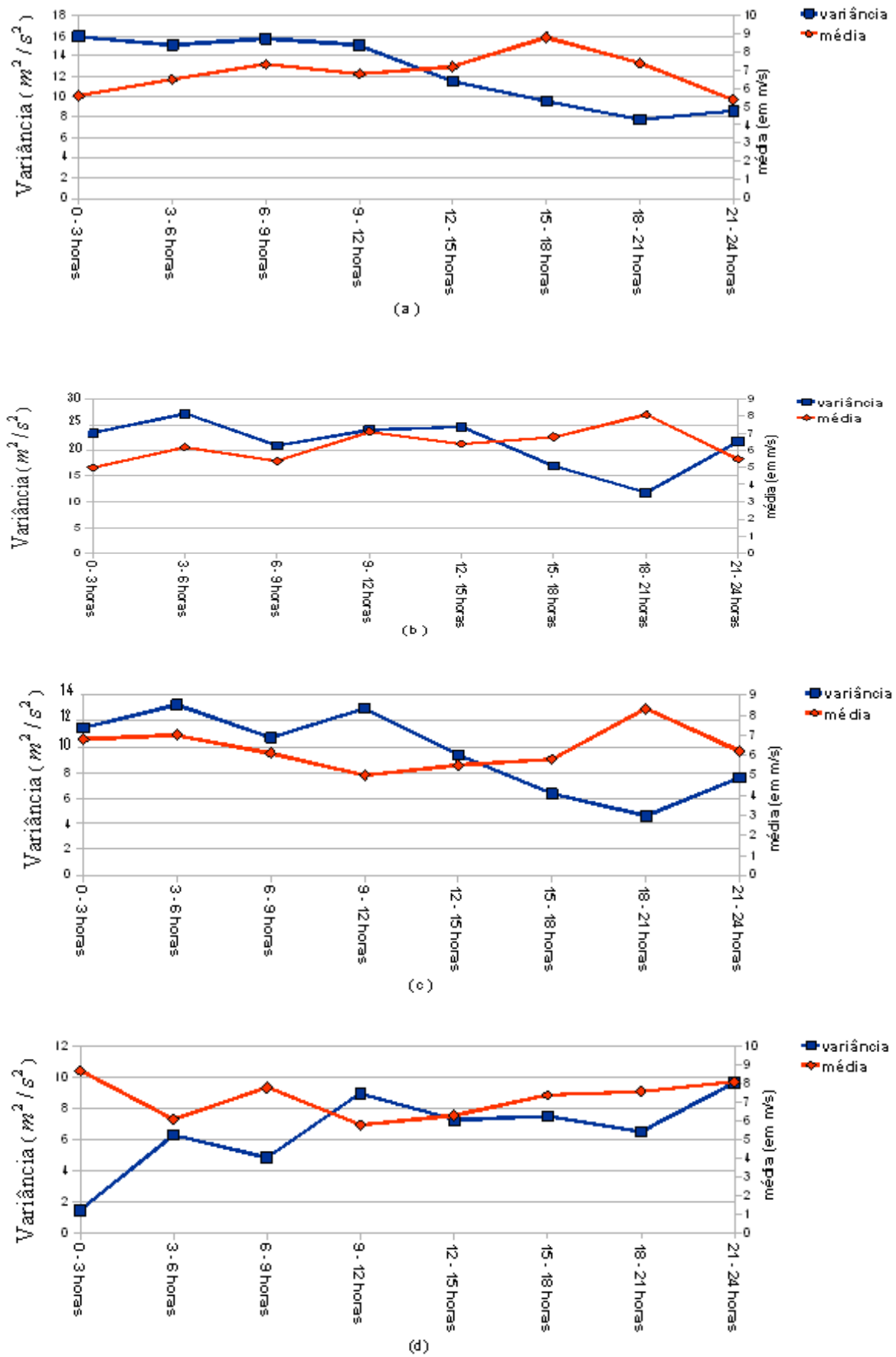


Figura 3.3: Variância e média do módulo da velocidade; (a) Inverno, (b) Primavera, (c) Verão, (d)

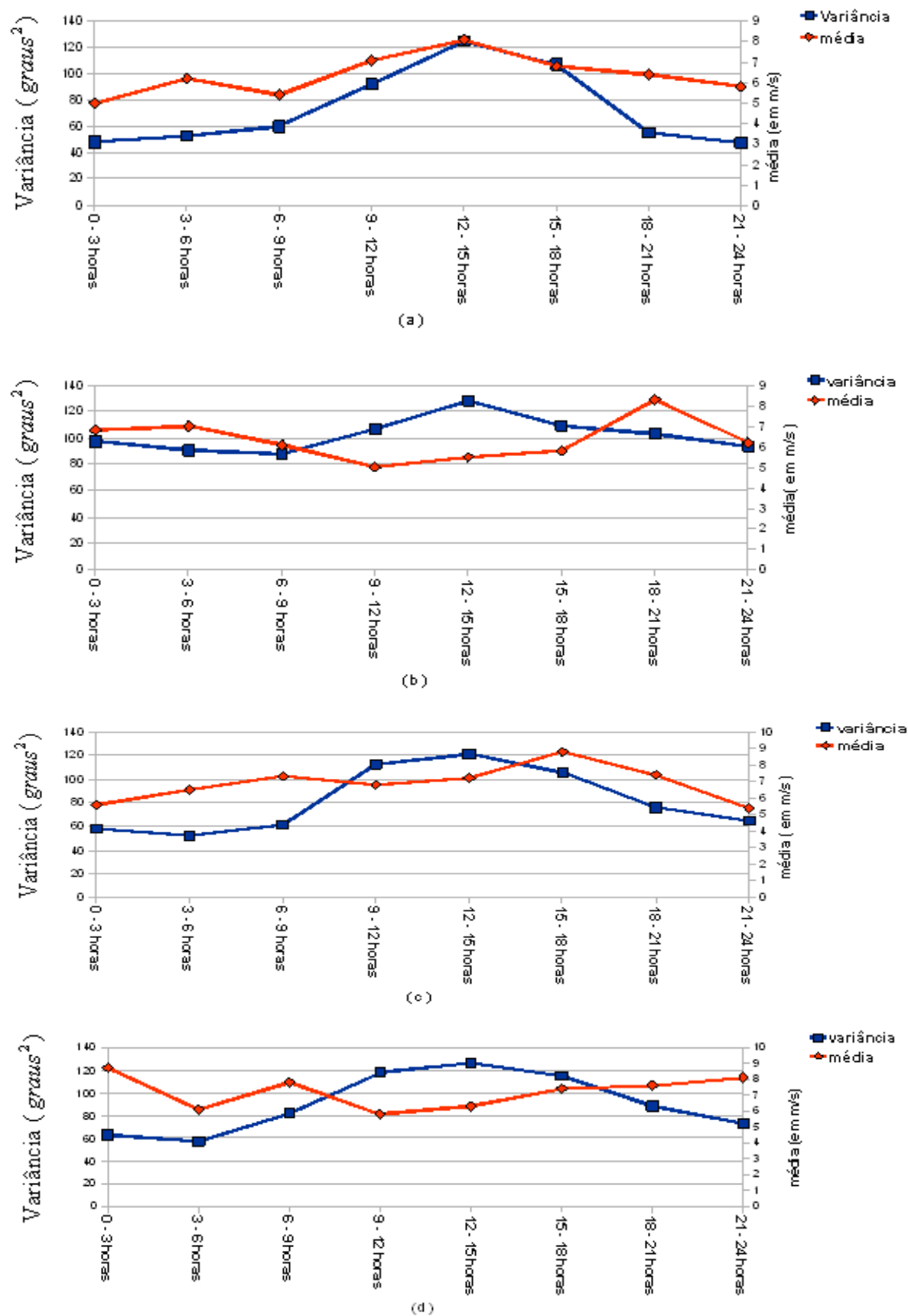


Figura 3.4: Variância da variação da direcção do vento e média do módulo da velocidade, (a) Inverno, (b) Primavera, (c) Verão, (d) Outono.

3.3.3 Análise da frequência da direcção do vento

A figura 3.5, mostra a rosa-dos-ventos para cada estação do ano. Verifica-se que o vento possui direcções predominantes próprias de cada estação do ano. Assim sendo, observa-se que nos meses de Inverno o vento possui duas direcções predominantes, nomeadamente as direcções de Norte e Sudeste. Durante os meses de Outono a direcção predominante do vento é o Norte. Por sua vez, os meses de Primavera também apresentam duas direcções predominantes, nomeadamente as direcções de Noroeste e Sudeste. Por último, verifica-se que os meses de Verão a apresentam como direcção predominante a direcção Norte.

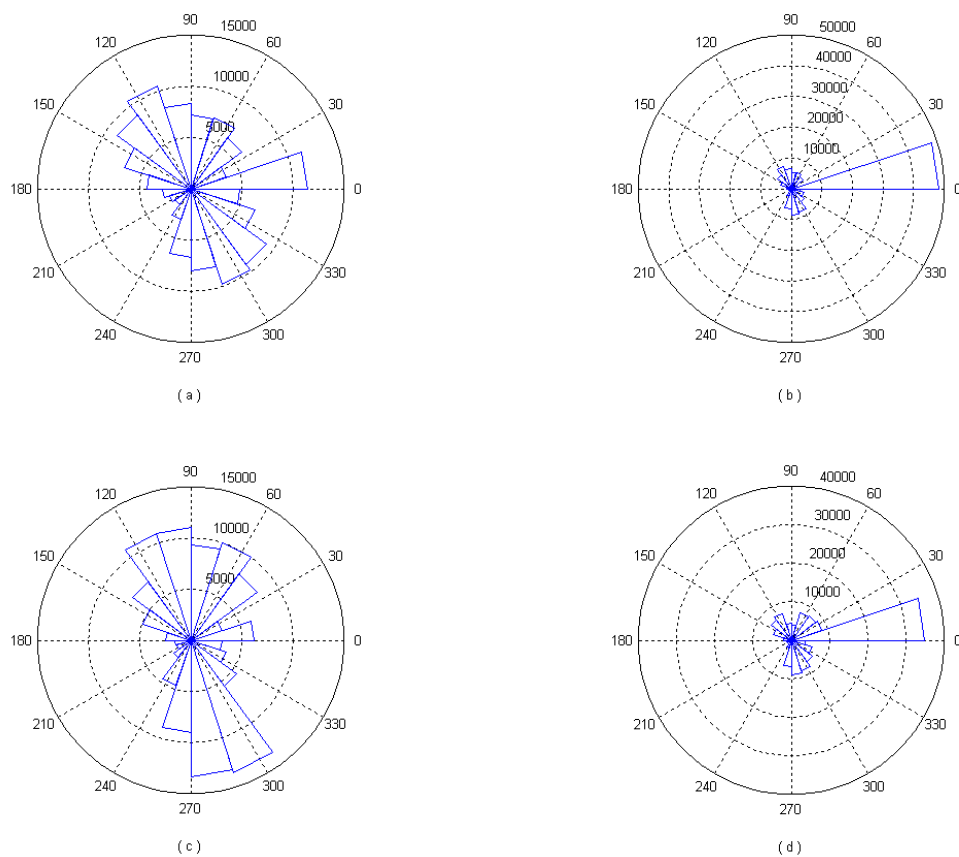


Figura 3.5:Rosa dos ventos - Frequência da direcção do vento; (a) Inverno, (b) Primavera, (c) Verão, (d) Outono.

3.4. Métodos

Neste trabalho, a previsão de potência eólica é efectuada considerando classes de intervalos de tempo de 3 horas, classes de direcção de 45° e classes do módulo de velocidade de 1 m/s [11].

Classes de intervalo de tempo de 3 horas: a formação deste tipo de classes consiste em agrupar todos os dados de velocidade e potência que ocorrem em determinado intervalo horário. Ou seja, reúnem-se todos os valores de velocidade e potência que tenham ocorrido entre as 0 e as 3 horas, e assim sucessivamente.

Classes de direcção de 45°: a formação deste tipo de classes consiste em agrupar todos os dados de velocidade e potência que ocorram quando a direcção do vento se situa em um determinado intervalo. Ou seja, juntam-se na mesma classe todos os valores de velocidade e potência que tenham ocorrido, quando a direcção da velocidade do vento variou entre 0 e 45°, e assim sucessivamente.

Justificação dos métodos utilizados

Como foi possível constatar na secção 3.3.2, o vector velocidade do vento, apresenta diferentes variâncias, relativamente ao seu módulo e a sua direcção, entre instantes de tempo consecutivos, em diferentes períodos horários. Estas oscilações contribuem, para que a função potência de um aerogerador não seja linear. De forma a eliminar os efeitos destas oscilações, estimam-se funções potência para diferentes períodos horários, correspondentes a classes de intervalos de tempo de 3 horas (método 2). Com base neste pressuposto é possível afirmar que a função potência, assim estimada, é obtida através de valores de velocidade com comportamento mais homogéneo e, portanto com menor turbulência, o que origina uma melhor previsão [11].

Por outro lado, as variações de direcção do vento, são por si só, um factor que contribui para a não linearidade da função potência, na medida em que os aerogeradores possuem um determinado tempo de resposta, para se adaptarem a uma dada mudança de direcção do vento. Assim sendo, foram também calculadas funções potência para cada classe de direcção de vento (método 3).

Para termo de comparação, foram ainda calculadas funções potência com base nos dados não agregados em classes (método 1). Este é o método geralmente utilizado no cálculo de funções potência.

Aplicação dos diferentes métodos

Todos os métodos foram aplicados, em separado, para cada uma das 4 estações do ano. Após a aplicação do método 2 (classes de tempo) e do método 3 (classes de direcção), verificou-se que os valores de velocidade de vento, resultantes da aplicação destes dois métodos, continuavam a apresentar variância e intensidade de turbulência (IT) elevada (dificuldade 1). Por outro lado, os gráficos potência vs velocidade, apresentavam uma função calculada com base em valores muito dispersos, e com um elevado número de *outliers* (dificuldade 2).

Para ultrapassar a dificuldade 1, foram formadas subclasses de velocidade de 1 m/s, “dentro” de cada classe de tempo e de direcção. De seguida, foi estimada uma função que melhor se ajusta aos dados de velocidade e potência de subclasse de velocidade. A segunda dificuldade foi ultrapassada através de um método simples e robusto de eliminação de ruído de séries temporais [13]. Este método, consistiu em ordenar, por ordem crescente, todos os valores de potência, correspondentes a cada subclasse de velocidade, e eliminar todos os valores superiores ao percentil 90 e inferiores ao percentil 10. Como exemplo, é mostrado na figura 3.6, o resultado da aplicação deste método à classe de tempo 6h-9h e de direcção 315°-360°.

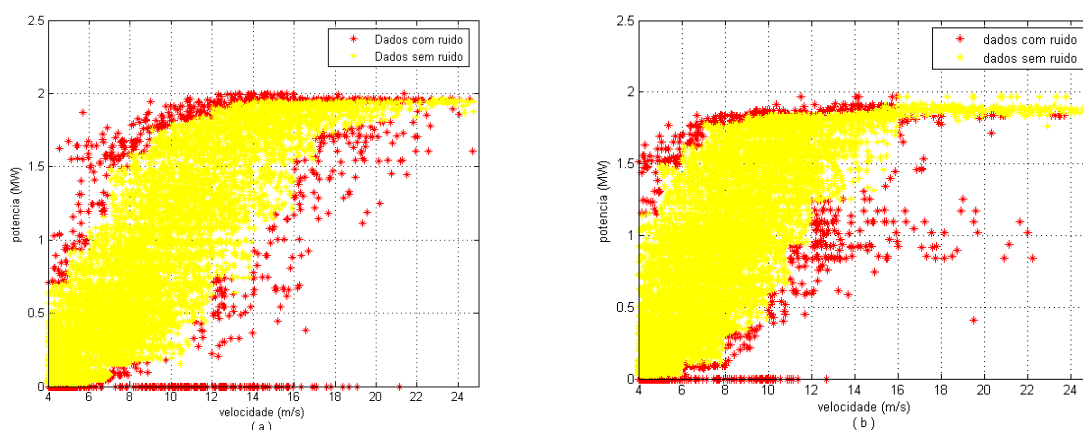


Figura 3.6: Ilustração da eliminação de *outliers*; (a) dados correspondentes à classe de tempo 6h – 9h, relativa aos meses de Inverno, (b) dados correspondentes à classe de direcção 315° - 360°, relativa aos meses de Inverno.

Procedeu-se então à procura da função que melhor se ajusta a cada uma das subclasses de velocidade e respectivos valores de potência. As funções que possuem maior coeficiente de correlação correspondem a polinómios cujo grau varia entre 6 e 9, em função da subclasse de velocidade considerada. Verificou-se que as funções que interpolam cada uma das subclasses de velocidade e os respectivos valores de potência, identificam “dentro” de cada uma das subclasses de velocidade a “zona” onde existe uma maior densidade de valores de potência. Foi então efectuado, um segundo ajuste, considerando todas as subclasses de velocidade existentes “dentro”

de uma dada classe de tempo ou de direcção. Este ajuste tem em consideração apenas as “zonas” do gráfico que possuem maior densidade de valores de potência de forma a obter a função final.

O procedimento adoptado, para ultrapassar as dificuldades anteriormente mencionadas, levou à aplicação de mais 2 métodos, para além dos 3 já mencionados, nomeadamente:

Método 4: a formação de subclasses de velocidade de 1 m/s, foi efectuada “dentro” de classes tempo. Em seguida foram eliminados os *outliers*, através do método de eliminação de ruído já descrito. Determinaram-se as “zonas” de cada subclasse de velocidade, onde existe uma maior densidade de valores de potência. Seguidamente obteve-se a função potência final, através de um ajuste, que teve em consideração apenas as “zonas”, de cada classe de tempo, com maior densidade de potência. Este ajuste final, foi efectuado considerando em separado os dados de velocidade entre 4 e 13 m/s e os dados de velocidade entre 13 e 25 m/s. Os motivos desta divisão encontram-se explicitados no fim da presente secção.

Método 5: a formação de subclasses de velocidade, de 1 m/s, foi efectuada “dentro” de classes direcção. Em seguida foram eliminados os *outliers*, através do método de eliminação de ruído já descrito. Determinaram-se as “zonas” de cada subclasse de velocidade, onde existe uma maior densidade de valores de potência. Seguidamente obteve-se a função potência final, através de um ajuste, que teve em consideração apenas as “zonas”, de cada classe de direcção, com maior densidade de potência. Este ajuste final, foi efectuado considerando em separado os dados de velocidade entre 4 e 13 m/s e os dados de velocidade entre 13 e 25 m/s. Os motivos desta divisão encontram-se explicitados no fim da presente secção.

Em resumo, a determinação das funções potência foi realizada recorrendo a 5 métodos, nomeadamente:

Método 1: Dados utilizados sem agregar em classes.

Método 2: Dados agregados em classes de tempo, mas sem agregação em subclasses de velocidade.

Método 3: Dados agregados em classes de direcção, mas sem agregação em subclasses de velocidade.

Método 4: Dados agregados em classes de tempo e em subclasses de velocidade. Eliminação de valores de potência considerados como sendo ruído.

Método 5: Dados agregados em classes de direcção e em subclasses de velocidade. Eliminação de valores de potência considerados como sendo ruído.

Perfis da função potência

A função potência, de um modo geral, apresenta diferentes perfis para diferentes intervalos de velocidade (ver figura 3.7). Estes intervalos variam de acordo com as características dos aerogeradores [11].

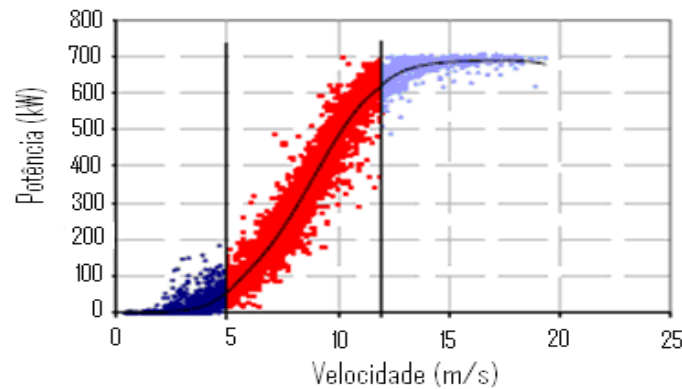


Figura 3.7: Diferentes perfis da função potência em função do intervalo de velocidade considerado. Adaptado de [11].

Em relação aos aerogeradores do parque de Terras Altas de Fafe, verifica-se que a função potência apresenta dois perfis, um para valores de velocidade compreendidos entre 4 e 13 m/s e outro para valores de velocidade situados entre 13 e 25 m/s. Assim sendo, a função potência final, foi obtida através de dois ajustes, um considerando velocidades de vento entre 4 e 13 m/s e outro considerando valores de velocidade entre 13 e 25 m/s.

Para o cálculo de cada uma das funções potência através dos diferentes métodos, foram usados os dados referentes ao ano de 2007. Os modelos obtidos foram validados utilizando os dados referentes ao ano de 2006.

4. Resultados e discussão

Para estimar a função potência, relativa aos meses de Inverno, foram testadas diversas funções, tendo-se escolhido aquela cujo ajuste em relação aos dados apresentava um maior coeficiente de correlação.

As funções potência estimadas foram validadas por aplicação aos dados referentes a 2006, que não foram utilizados no cálculo das mesmas. Só assim, recorrendo a um outro conjunto de dados independentes, é possível validar os métodos utilizados. A potência foi calculada a partir das funções potência e o seu erro e respectivo desvio padrão, em relação à potência medida, foi avaliado. Este procedimento foi aplicado aos métodos de 1 a 5 e também à função potência do fabricante.

A potência obtida por aplicação das funções calculadas foi avaliada por comparação com a potência medida. Esta validação é concretizada através do cálculo do erro médio e do desvio padrão do erro, de acordo com:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad 4.1$$

e

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad 4.2$$

onde, \bar{x} representa o erro médio, S representa o desvio padrão do erro, n representa o numero total de erros obtidos, através da aplicação de cada um dos métodos, e x_i representa o erro associado ao cálculo de um dado valor de potência.

4.1. Resultados relativos aos meses de Inverno

4.1.1 Método 1

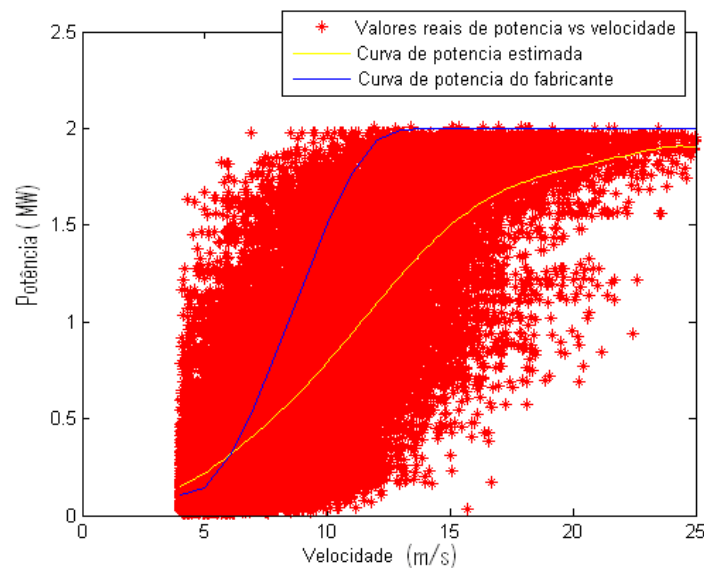


Figura 4.1: Função potência relativa aos meses de Inverno, obtida através do método 1.

Coeficiente de correlação	
Método 1	0,58

Tabela 4.1: Coeficiente de correlação (significativamente diferente de zero a um nível de significância inferior a 1%), relativo à função potência obtida através do método 1.

Em relação ao método 1, a função testada, que apresenta um maior coeficiente de correlação é representada por um polinómio de grau 6, cujos parâmetros são mostrados no anexo.

A tabela 4.1, apresenta o coeficiente de correlação da função potência obtida através do método 1. Analisando a figura 4.1, verifica-se que a função potência, fornecida pelo fabricante,

sobrestima a potência gerada pelo aerogerador. É também possível verificar que existe uma grande dispersão relativamente ao gráfico potência vs velocidade. Esta incerteza deve-se ao facto de estarem a ser considerados todos os dados relativos aos meses de Inverno sem os agregar. Desta forma, os dados de velocidade apresentam IT (intensidade da turbulência) igual a 0,4, que é um valor considerado elevado.

4.1.2 Método 2

Classe de tempo	Coeficiente de correlação	Classe de tempo	Coeficiente de correlação
0 - 3 Horas	0,65	12 - 15 Horas	0,67
3 - 6 Horas	0,66	15 - 18 Horas	0,67
6 - 9 Horas	0,67	18 - 21 Horas	0,675
9 - 12 Horas	0,66	21 - 24 Horas	0,645

Tabela 4.2: Coeficientes de correlação (significativamente diferentes de zero a um nível de significância inferior a 1%), relativos às funções potência obtidas através do método 2.

No que respeita ao método 2, as funções escolhidas constituem polinómios cujo grau varia, em função da classe considerada, entre 6 e 9. A tabela 4.2, apresenta os coeficientes de correlação obtidos em relação a cada função estimada através deste método. Verifica-se que as funções potência obtidas, através deste método, apresentam um coeficiente de correlação superior ao apresentado pela função potência estimada através do método 1.

4.1.3 Método 3

Classe de direcção	Coeficiente de correlação	Classe de direcção	Coeficiente de correlação
0 - 45°	0,56	180 – 225°	0,73
45 - 90°	0,66	225 – 270°	0,73
90 - 135°	0,67	270 – 315°	0,73
135 – 180°	0,71	315 – 360°	0,69

Tabela 4.3: Coeficientes de correlação (significativamente diferentes de zero a um nível de significância inferior a 1%), relativos às funções potência obtidas através do método 3.

Em relação ao método 3, os resultados são semelhantes ao método 2. As funções obtidas também constituem polinómios cujo grau varia, em função da classe considerada, entre 6 e 9. A tabela 4.3, apresenta os coeficientes de correlação obtidos em relação a cada função estimada através deste método. De salientar que as funções potência obtidas para todas as classes de

direcção, também apresentam um coeficiente de correlação superior ao apresentado pela função potência estimada através do método 1.

4.1.4 Método 4

Como já foi referido anteriormente, as funções potência estimadas através do método 4 e método 5 foram obtidas através de dois ajustes. Um primeiro ajuste relativo a todos os valores de potência ocorridos para velocidades entre 4 e 13 m/s e um segundo ajuste relativo a todos os valores de velocidade compreendidos entre 13 e 25 m/s. As funções potência assim calculadas são representadas por polinómios de grau 3 (função com maior coeficiente de correlação).

Os coeficientes de correlação, relativos às funções potência estimadas pelo método 4, para os meses de Inverno, são mostrados na tabelas 4.4. Verifica-se que as funções potência obtidas através deste método apresentam coeficientes de correlação consideravelmente superiores às funções obtidas através dos métodos 3, 2 e 1.

Classe de tempo	Coeficiente de correlação
0 – 3 Horas	0,88
3 – 6 Horas	0,86
6 – 9 Horas	0,89
9 – 12 Horas	0,85
12 – 15 Horas	0,85
15 – 18 Horas	0,80
18 – 21 Horas	0,80
21 – 24 Horas	0,87

Tabela 4.4: Coeficientes de correlação (significativamente diferentes de zero a um nível de significância inferior a 1%), relativos às funções potência obtidas através do método 4.

4.1.5 Método 5

Classe de direcção	Coeficiente de correlação
0 – 45°	0,88
45 – 90°	0,88
90 – 135°	0,87
135 – 180°	0,88
180 – 225°	0,92
225 – 270°	0,85
270 – 315°	0,88
315 – 360°	0,86

Tabela 4.5: Coeficientes de correlação (significativamente diferentes de zero a um nível de significância inferior a 1%), relativos às funções potência obtidas através do método 5.

Os coeficientes de correlação, relativos às funções potência estimada pelo método 5, são mostrados nas tabelas 4.5. Verifica-se que as funções potência obtidas através destes métodos apresentam coeficientes de correlação consideravelmente superiores às funções obtidas através dos métodos 3, 2 e 1.

4.1.6 Comparação entre os diferentes métodos.

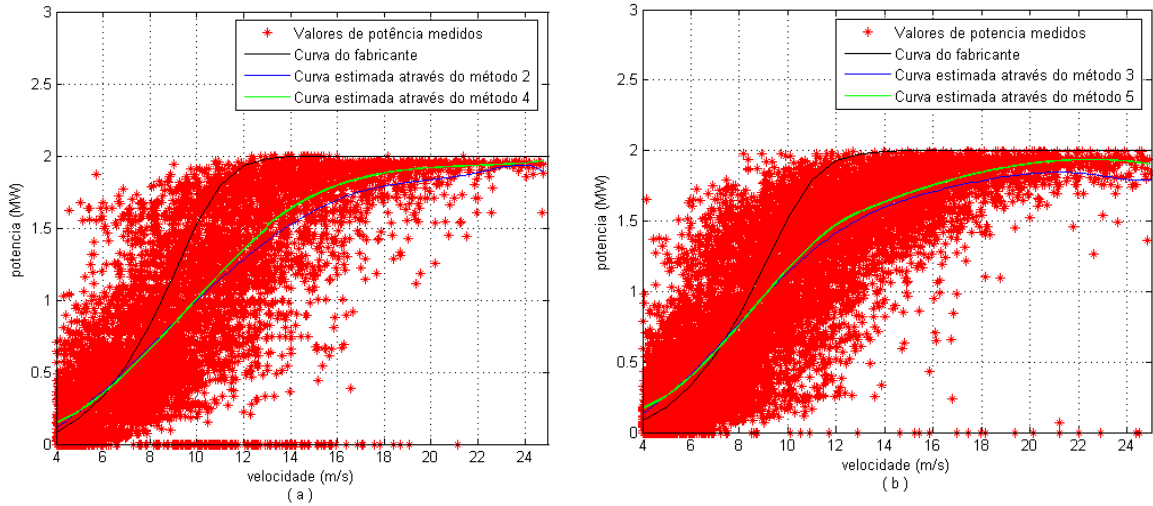


Figura 4.2: Função potência relativa aos (a) métodos 2 e 4 e à classe de tempo 3h-6h e (b) métodos 3 e 5 e à classe de direcção 45°-90°.

A figura 4.2, mostra as funções potência estimadas usando os métodos de 2 a 5, para dois grupos de dados, como exemplo. Verifica-se que os valores de potência vs velocidade, presentes nesta figura, apresentam uma baixa dispersão quando comparados com os valores de potência vs velocidade, mostrados na figura 4.1, obtida com o métodos 1 (dados sem estarem agregados). Esta diferença deve-se ao facto de os valores de potência presentes na figura 4.2 serem restritos à classe de tempo 3 – 6 horas, (figura 4.2 (a)) e restritos à classe de direcção 45°-90° (figura 4.2 (b)).

Verifica-se que as funções calculadas através dos métodos 2 e 3 não se centram completamente nos dados de potência e velocidade, já que são calculadas considerando valores de potência que são considerados *outliers*, ou seja alguns valores que podem ser considerados como sendo ruído, portanto sem sentido físico. Um exemplo deste tipo de ocorrências são valores de potência de 0 MW a corresponder a velocidades de vento de 24m/s. Também, as funções potência obtidas através dos métodos 4 e 5 são estimadas sem considerar *outliers*. Desta forma, as funções potência obtidas através destes métodos são centradas nos dados de potência e velocidade.

4.1.7 Validação das funções potência

As figuras 4.3 e 4.4 mostram o erro médio e o desvio padrão do erro para os métodos 2 e 4, e, 3 e 5, respectivamente. Os erros médios obtidos através do cálculo da potência utilizando as funções potência obtidas pelos métodos de 2 a 5 são claramente inferiores aqueles obtidos utilizando a função potência obtida pelo método 1 e do fabricante.

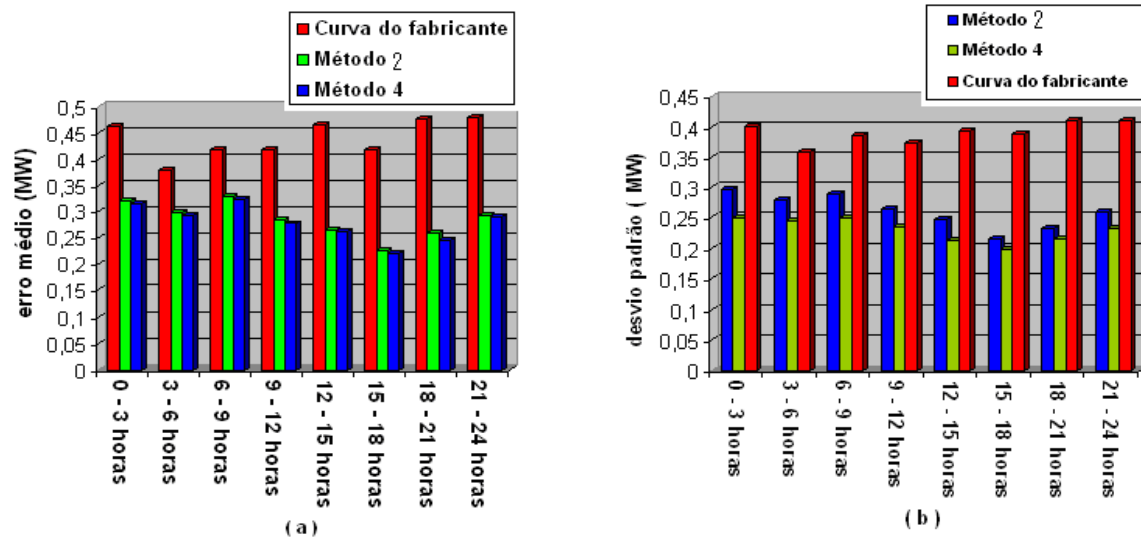


Figura 4.3: Validação da potência calculada utilizando os métodos 2 e 4 e a função potência do fabricante; (a) erro médio da potência calculada em relação à potência medida (b) desvio padrão do erro da potência calculada em relação à potência medida.

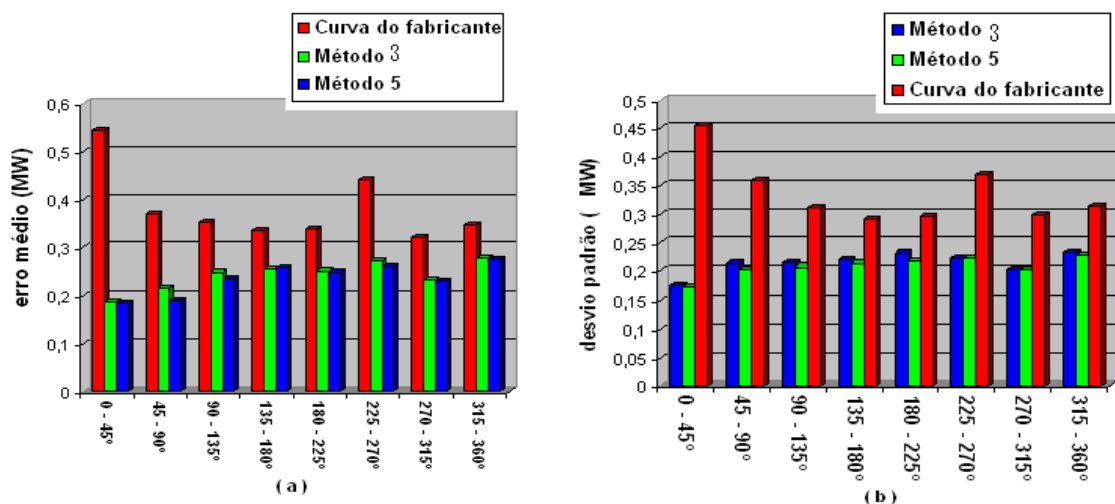


Figura 4.4: Validação da potência calculada utilizando os métodos 3 e 5 e a função potência do fabricante; (a) erro médio da potência calculada em relação à potência medida (b) desvio padrão do erro da potência calculada em relação à potência medida.

Em relação à diferença entre o erro médio obtido através dos métodos 5 e 3 e os métodos 2 e 4, pode-se concluir que ela é pouco significativa tendo em conta que, em média, a diferença entre estes métodos é de 0,005MW, o que representa 0,25%, do erro máximo. Por outro lado, é necessário considerar que a unidade utilizada é o MW. Uma diferença de erros de 0.005 MW corresponde a 5kW, que, quando acumulado durante um longo período de tempo, representa uma quantidade substancial de energia.

Em relação ao desvio padrão do erro, é possível constatar que o erro associado à função potência do fabricante possui uma elevada dispersão, comparativamente àquela associada ao erro dos restantes métodos. No entanto, os métodos 4 e 5, em particular este último, geram menor dispersão do erro.

É possível verificar ainda que as funções potência estimadas através de classes de direcção apresentam menores erros médios do que as estimadas através de classes de tempo.

A tabela 4.6, mostra os erros médios e respectivo desvio padrão, obtidos utilizando a função potência do fabricante e o método 1. Como seria de esperar, estes valores são superiores aos obtidos com os restantes métodos.

	Erro médio (m/s)	Desvio padrão do erro (m/s)
Fabricante	0.41	0.51
Método 1	0.38	0.40

Tabela 4.6: Validação da potência calculada utilizando a função potência do fabricante e o método 1.

4.2 Resultados relativos aos meses de Outono

4.2.1 Método 1

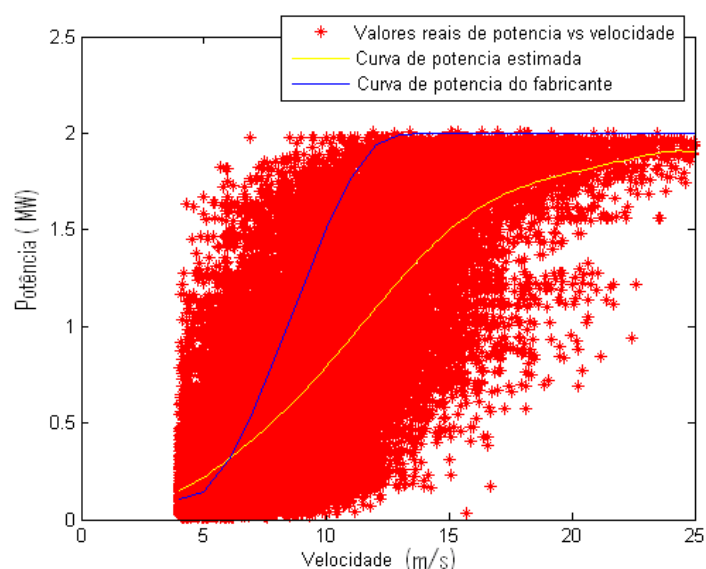


Figura 4.5: Função potência relativa aos meses de Outono, obtida através do método 1

Coeficiente de correlação	
Método 1	0,57

Tabela 4.7: Coeficiente de correlação (significativamente diferente de zero a um nível de significância inferior a 1%), relativo à função potência obtida através do método 1

A figura 4.5, apresenta a representação gráfica dos valores de potência em função dos valores de velocidade. Tal como na figura 4.1, é possível verificar, através da análise desta figura, que os valores de potência vs velocidade apresentam uma elevada dispersão. Observa-se ainda que, tal como nos meses de inverno, a função potência fornecida pelo fabricante inflaciona, consideravelmente, a potência produzida pelo aerogerador.

A tabela 4.7, apresenta o coeficiente de correlação da função potência obtida através do método 1. Esta função é representada por um polinómio de grau 7.

4.2.2 Método 2

Classe de tempo	Coeficiente de correlação	Classe de tempo	Coeficiente de correlação
0 – 3 Horas	0,61	12 – 15 Horas	0,64
3 – 6 Horas	0,62	15 – 18 Horas	0,67
6 – 9 Horas	0,60	18 – 21 Horas	0,73
9 – 12 Horas	0,61	21 – 24 Horas	0,64

Tabela 4.8: Coeficientes de correlação (significativamente diferentes de zero a um nível de significância inferior a 1%), relativos às funções potência obtidas através do método 2.

Os parâmetros das funções potência obtidas através do método 2, para os meses de Outono, são mostrados no anexo. Estas funções consistem em polinómios cujo grau varia entre 6 e 9, em função da classe de tempo considerada. Os coeficientes de correlação das funções, estimadas através deste método, encontram-se na tabela 4.8. Verifica-se, também em relação aos meses de Outono, que as funções potência obtidas através deste método, apresentam um coeficiente de correlação superior ao apresentado pela função potência estimada através do método 1.

4.2.3 Método 3

Na tabela 4.9, estão presentes os coeficientes de correlação relativos às funções potência estimadas através do método 3. Verificou-se que as funções que possuem melhor coeficiente de correlação, são polinómios cujo grau varia entre 6 e 9. Tal como nos meses de Inverno, os coeficientes de correlação obtidos através do método 3 são consideravelmente superiores ao coeficiente obtido através do método 1.

Classe de direcção	Coeficiente de correlação	Classe de direcção	Coeficiente de correlação
0 - 45°	0,62	180 - 225°	0,73
45 - 90°	0,60	225 - 270°	0,67
90 - 135°	0,60	270 - 315°	0,73
135 - 180°	0,61	315 - 360°	0,67

Tabela 4.9: Coeficientes de correlação (significativamente diferentes de zero a um nível de significância inferior a 1%), relativos às funções potência obtidas através do método 3.

4.2.4 Método 4

Os coeficientes de correlação, relativos às funções potência estimadas pelo método 4, para os meses de Outono, são mostrados na tabela 4.10. Verifica-se, analisando esta tabela, que os respectivos coeficientes de correlação são em geral mais baixos, comparativamente aos mesmos parâmetros obtidos em relação aos meses de Inverno. No entanto constata-se, que através deste método, se obtêm coeficientes de correlação consideravelmente superiores aos obtidos através dos métodos 3, 2 e 1.

Classe de tempo	Coeficiente de correlação
0 – 3 Horas	0,81
3 – 6 Horas	0,79
6 – 9 Horas	0,78
9 – 12 Horas	0,80
12 – 15 Horas	0,83
15 – 18 Horas	0,82
18 – 21 Horas	0,85
21 – 24 Horas	0,76

Tabela 4.10: Coeficientes de correlação (significativamente diferentes de zero a um nível de significância inferior a 1%), relativos às funções potência obtidas através do método 4.

4.2.5 Método 5

A tabela 4.11, apresenta os coeficientes de correlação, relativos às funções potência estimadas através do método 5, para os meses de Outono. Analisando esta tabela verifica-se que, tal como nos meses de Inverno, através deste método é possível obter coeficientes de correlação consideravelmente superiores aos obtidos através dos métodos 3, 2 e 1.

Classe de direcção	Coefficiente de correlação
0 – 45°	0,81
45 – 90°	0,79
90 – 135°	0,78
135 – 180°	0,80
180 – 225°	0,83
225 – 270°	0,82
270 – 315°	0,85
315 – 360°	0,76

Tabela 4.11: Coeficientes de correlação (significativamente diferentes de zero a um nível de significância inferior a 1%), relativos às funções potência obtidas através do método 5.

4.2.6 Comparação entre os diferentes métodos.

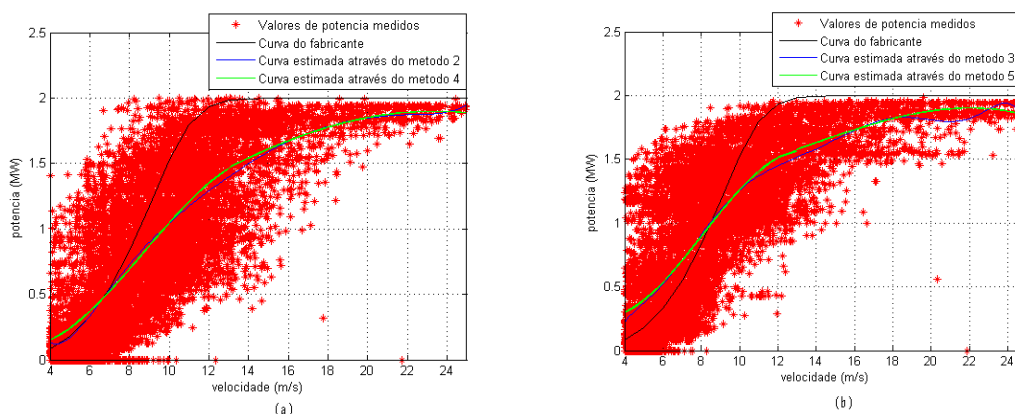


Figura 4.6: Função potência relativa aos (a) métodos 2 e 4 e à classe de tempo 3h-6h e (b) métodos 3 e 5 e à classe de direcção 45°-90°.

A figura 4.6, mostra as funções potência estimadas usando os métodos de 2 a 5, para dois grupos de dados, como exemplo. Verifica-se, tal como nos meses de Inverno, que os valores de potência *vs* velocidade, presentes nesta figura, apresentam uma baixa dispersão quando comparados com os valores de potência *vs* velocidade, apresentados na figura 4.4, obtida com o métodos 1 (dados sem estarem agregados). A justificação para este facto é a mesma que foi dada na secção 4.1.6, relativamente aos meses de Inverno.

Analisando a figura 4.5(a), verifica-se que apesar existir um desfazamento considerável entre as funções potência estimadas e a função fornecida pelo fabricante, não existi diferença significativa entre as funções estimadas através do método 2 e método 4. Ao contrário do que acontece em relação à mesma análise, relativamente aos dados de Inverno. Observando agora a figura 4.5 (b), conclui-se que a função potência estimada através do método 3, apresenta ligeiras oscilações, por sua vez, a função potência estimada através do método 5, encontra-se bem definida não se verificando qualquer oscilação. As oscilações apresentadas pela função potência estimada

através do método 3, devem-se ao facto de estas serem calculadas considerando valores de potência que são considerados *outliers*, ou seja alguns valores que podem ser considerados como sendo ruído, portanto sem sentido físico.

4.2.7 Validação das funções potência

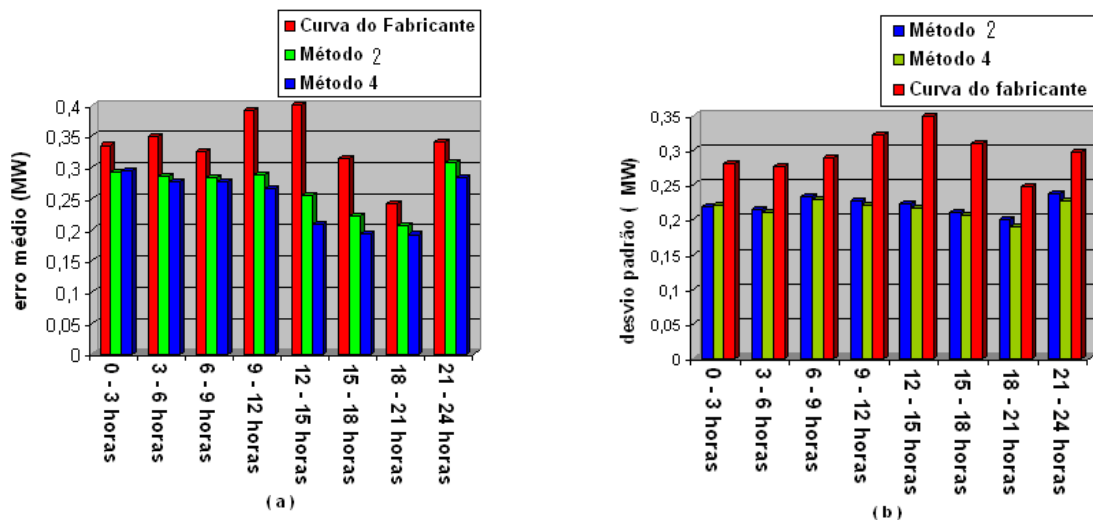


Figura 4.7: Validação da potência calculada utilizando os métodos 2 e 4 e a função potência do fabricante; (a) erro médio da potência calculada em relação à potência medida (b) desvio padrão do erro da potência calculada em relação à potência medida.

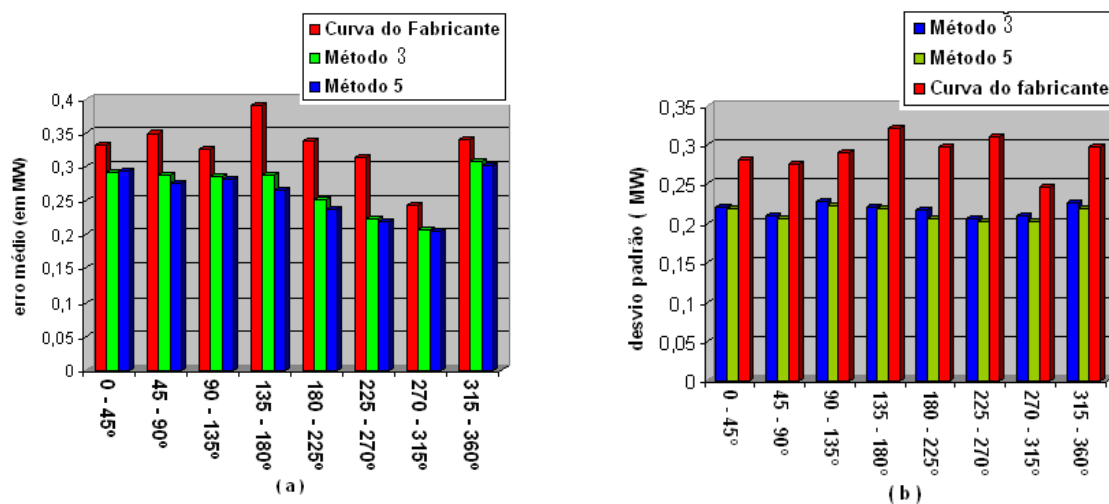


Figura 4.8: Validação da potência calculada utilizando os métodos 3 e 5 e a função potência do fabricante; (a) erro médio da potência calculada em relação à potência medida (b) desvio padrão do erro da potência calculada em relação à potência medida.

As figuras 4.7 e 4.8, mostram o erro médio e o desvio padrão do erro para os métodos 2 e 4, e, 3 e 5, respectivamente. Os erros médios obtidos através do cálculo da potência utilizando as

funções potência obtidas pelos métodos de 2 a 5 são claramente inferiores aqueles obtidos utilizando a função potência obtida pelo método 1 e do fabricante.

É possível observar, que existe uma diferença bastante significativa entre o erro médio resultante da aplicação do método 3 e o erro médio resultante da aplicação do método 5, comparativamente com a mesma diferença relativa aos meses de Inverno. Por sua vez, a diferença entre o erro médio, proveniente da aplicação do método 4, e o erro médio, proveniente da aplicação do método 2, não é tão significativa, como quando comparada com a diferença entre os métodos anteriores, com excepção das classes $135^{\circ} - 180^{\circ}$ e $180^{\circ} - 225^{\circ}$. O erro médio resultante da aplicação de métodos baseados em classes de direcção é, em geral, inferior ao erro médio resultante da aplicação de métodos baseados em classes de tempo.

Tal como nos meses de Inverno, também em relação aos meses de Outono se verifica uma diferença bastante considerável, entre a dispersão do erro proveniente da função do fabricante e a dispersão do erro proveniente da aplicação dos métodos utilizados. Nos meses de Outono, continua a verificar-se menos dispersão nos erros de previsão de potência causados pela aplicação dos métodos 4 e 5.

A tabela 4.12, apresenta os erros médios e respectivo desvio padrão, obtidos utilizando a função potência do fabricante e o método 1. Tal como nos meses de Inverno estes valores são superiores aos obtidos com os restantes métodos, o que está de acordo com o previsto.

Método 1	Erro médio (m/s)	Desvio padrão do erro (m/s)
Fabricante	0.40	0.49
Função estimada	0.37	0.41

Tabela 4.12: Validação da potência calculada utilizando a função potência do fabricante e o método 1.

4.3 Resultados relativos aos meses de verão

4.3.1 Método 1

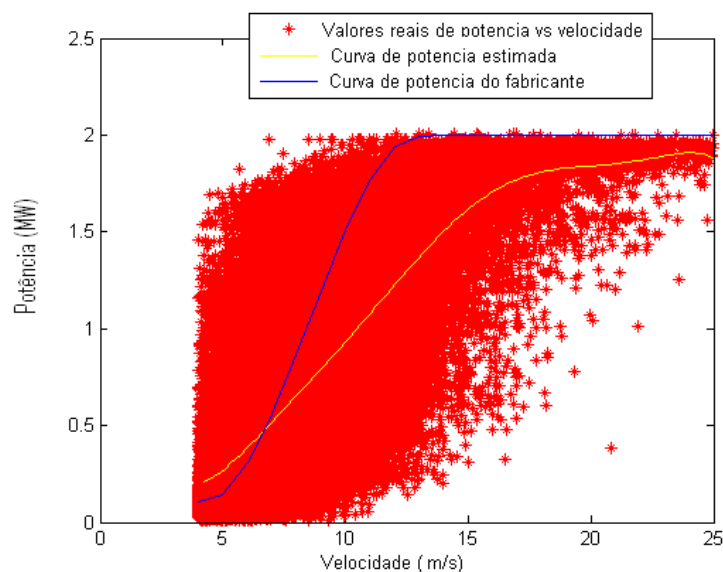


Figura 4.9: Função potência relativa aos meses de Verão, obtida através do método 1

Coeficiente de correlação	
Método 1	O, 51

Tabela 4.13: Coeficiente de correlação (significativamente diferente de zero a um nível de significância inferior a 1%), relativo à função potência obtida através do método 1

Em relação ao método 1, a função testada, que apresenta um maior coeficiente de correlação é representada por um polinómio de grau 7, cujos parâmetros são mostrados no anexo.

A tabela 4.13, apresenta o coeficiente de correlação da função potência obtida através do método 1. O coeficiente de correlação da função potência, estimada através do método 1, é consideravelmente baixo, quando comparado com os restantes coeficientes de correlação, obtidos através deste método, em relação às restantes estações do ano.

Através da análise da figura 4.8, é possível verificar que o gráfico potência vs velocidade do vento, mais uma vez apresenta uma dispersão elevada.

4.3.2 Método 2

Em relação método 2, as funções obtidas constituem polinómios cujo grau varia, em função da classe considerada, entre 5 e 8. A tabela 4.14, apresenta os coeficientes de correlação obtidos em relação a cada função estimada através do método 2. Observando esta tabela, mais uma vez se verifica que, através da agregação dos dados em classes de tempo, é possível obter funções potência com coeficientes de correlação mais elevados, relativamente ao coeficiente de correlação obtido através do método 1.

Classe de tempo	Coeficiente de correlação	Classe de tempo	Coeficiente de correlação
0 – 3 Horas	0,63	12 – 15 Horas	0,61
3 – 6 Horas	0,64	15 – 18 Horas	0,67
6 – 9 Horas	0,65	18 – 21 Horas	0,66
9 – 12 Horas	0,63	21 – 24 Horas	0,66

Tabela 4.14: Coeficientes de correlação (significativamente diferentes de zero a um nível de significância inferior a 1%), relativos às funções potência obtidas através do método 2.

4.3.3 Método 3

Na tabela 4.15, estão presentes os coeficientes de correlação relativos às funções potência estimadas através do método 3. Esta tabela apresenta, apenas, os resultados obtidos em relação a 3 das 8 classes de direcção. Isto deve-se ao facto de não ter sido possível estimar as funções potência relativas às restantes classes de direcção. Esta impossibilidade é originada pelo seguinte motivo: Nos meses de Verão a variância do módulo da velocidade é mais elevada, e a média do módulo da velocidade é mais baixa, comparativamente com o que se verifica nos meses de Outono e Inverno. Este facto faz com que para determinadas direcções a velocidade máxima do vento seja 13 m/s, e desta forma não ser possível definir por completo a função potência.

Classe de direcção	Coeficiente de correlação
225 – 270°	0,67
270 – 315°	0,64
315 – 360°	0,68

Tabela 4.15: Coeficientes de correlação (significativamente diferentes de zero a um nível de significância inferior a 1%), relativos às funções potência obtidas através do método 3.

4.3.4 Método 4

A tabela 4.16, mostra os coeficientes de correlação relativos às funções potência estimadas através do método 4. Pela análise da tabela supracitada, verifica-se que através deste método é possível obter coeficientes de correlação consideravelmente melhores, que os obtidos através dos métodos 3, 2 e 1. No entanto, são em geral, mais baixos que os coeficientes de correlação obtidos pelo mesmo método, em relação aos meses de Outono e Inverno.

Classe de tempo	Coeficiente de correlação
0 – 3 Horas	0,84
3 – 6 Horas	0,77
6 – 9 Horas	0,73
9 – 12 Horas	0,74
12 – 15 Horas	0,81
15 – 18 Horas	0,72
18 – 21 Horas	0,72
21 – 24 Horas	0,78

Tabela 4.16: Coeficientes de correlação (significativamente diferentes de zero a um nível de significância inferior a 1%), relativos às funções potência obtidas através do método 4.

4.3.5 Método 5

A tabela 4.17, mostra os coeficientes de correlação relativos às funções potência estimadas através do método 5. Tal como sucedeu em relação ao método 3, também em relação ao método 5 não foi possível estimar funções potência para todas as classes de direcção. A justificação para o sucedido é a mesma que foi dada em relação ao método 3.

Classe de direcção	Coeficiente de correlação
225 – 270°	0,70
270 – 315°	0,75
315 – 360°	0,87

Tabela 4.17: Coeficientes de correlação (significativamente diferentes de zero a um nível de significância inferior a 1%), relativos às funções potência obtidas através do método 5.

4.3.6 Comparação entre os diferentes métodos

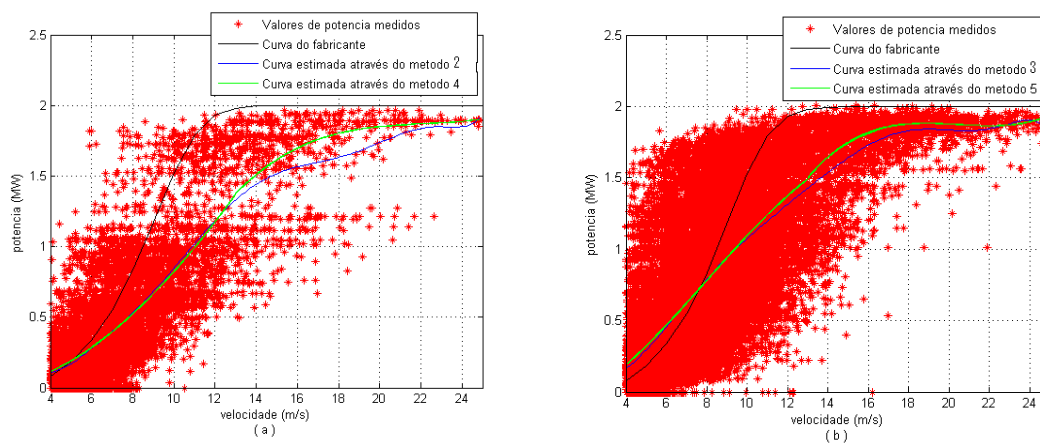


Figura 4.10: Função potência relativa aos (a) métodos 2 e 4 e à classe de tempo 3h-6h e (b) métodos 3 e 5 e à classe de direcção 225°-270°.

A figura 4.10, mostra as funções potência estimadas usando os métodos de 2 a 5, para dois grupos de dados, como exemplo. Verifica-se, tal como nos meses de Inverno e Outono, que os valores de potência vs velocidade, presentes nesta figura, apresentam uma baixa dispersão quando comparados com os valores de potência vs velocidade, apresentados na figura 4.9, obtida com o métodos 1 (dados sem estarem agregados). A justificação para este facto é a mesma que foi dada anteriormente em relação aos meses de Inverno.

Através da análise da figura 4.10, verifica-se que também em relação aos dados relativos aos meses de Verão, as funções potência estimadas através dos métodos 2 e 3 não são devidamente centrada nos dados de potência e velocidade. Um exemplo claro do que foi referido, observa-se na figura 4.10 (a), onde a função potência estimada pelo método 3 fica praticamente deslocada dos valores de potência no intervalo de velocidades compreendido entre 16 e 22 m/s.

4.3.7 Validação das funções potência

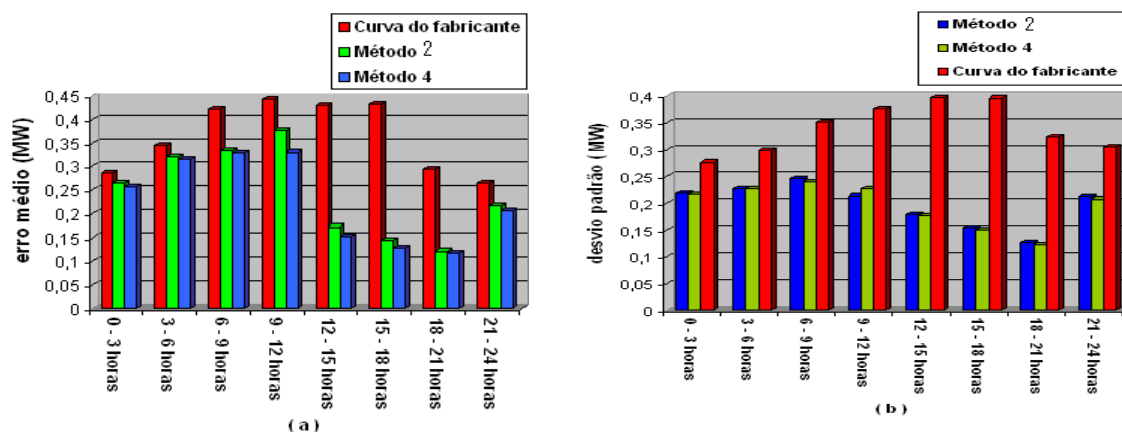


Figura 4.11: Validação da potência calculada utilizando os métodos 2 e 4 e a função potência do fabricante; (a) erro médio da potência calculada em relação à potência medida (b) desvio padrão do erro da potência calculada em relação à potência medida.

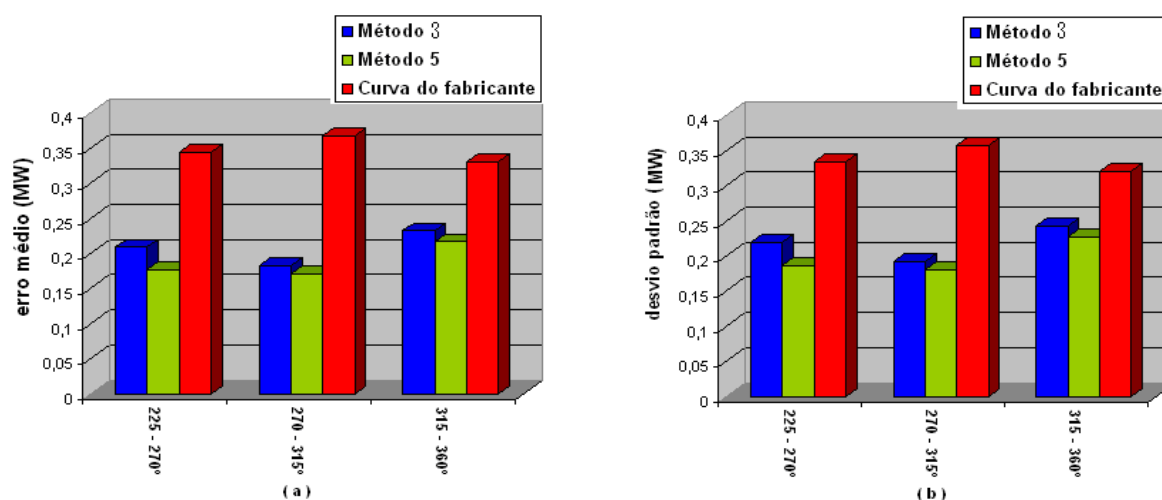


Figura 4.12: Validação da potência calculada utilizando os métodos 3 e 5 e a função potência do fabricante; (a) erro médio da potência calculada em relação à potência medida (b) desvio padrão do erro da potência calculada em relação à potência medida.

As figuras 4.11 e 4.12, mostram o erro médio e o desvio padrão do erro para os métodos 2 e 4, e, 3 e 5, respectivamente. Os erros médios obtidos através do cálculo da potência utilizando as funções potência obtidas pelos métodos de 2 a 5 são claramente inferiores aqueles obtidos utilizando a função potência obtida pelo método 1 e do fabricante. No entanto, esta diferença é ainda mais acentuada em relação aos métodos baseados na agregação dos dados em classes de tempo, mais concretamente as classes 12h – 15h e 15h – 18h.

No que respeita ao desvio padrão do erro, constata-se que em relação aos métodos 2 e 4, tem-se resultados semelhantes aos obtidos nos meses de Outono e Inverno. Já no que respeita aos métodos 3 e 5, verifica-se que a diferença no desvio padrão do erro, originada pela aplicação destes métodos, é ainda mais significativa nos meses de Verão, do que nas restantes estações do ano analisadas até ao momento.

Método 1	Erro médio (m/s)	Desvio padrão do erro (m/s)
Fabricante	0.43	0.45
Função estimada	0.39	0.42

Tabela 4.18: Validação da potência calculada utilizando a função potência do fabricante e o método 1.

A tabela 4.18, apresenta os erros médios e respectivo desvio padrão obtidos utilizando a função potência do fabricante e o método 1.

A previsão de potência efectuada através do método 1, possui um erro médio de 0,39 MW, apesar do erro médio obtido através deste método ser inferior ao obtido através da função potência do fabricante, este pode ser considerado elevado, quando comparado com o erro médio obtido através do mesmo método relativamente aos dados de Inverno e de Outono.

4.4 Resultados relativos aos meses de Primavera

4.4.1 Método 1

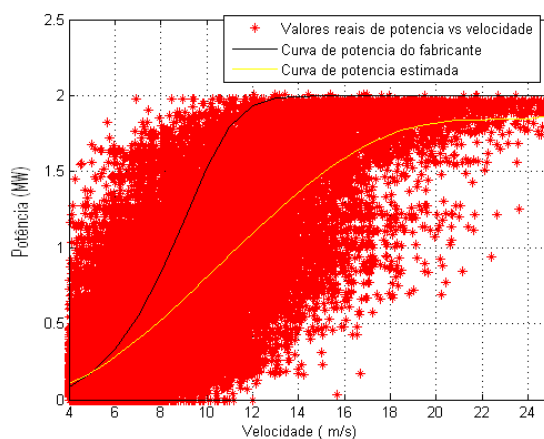


Figura 4.13: Função potência relativa aos meses de Primavera, obtida através do método 1

Coeficiente de correlação	
Método 1	0,50

Tabela 4.19: Coeficiente de correlação (significativamente diferente de zero a um nível de significância inferior a 1%), relativo à função potência obtida através do método 1.

Em relação ao método 1, a função testada que apresenta um maior coeficiente de correlação é representada por um polinómio de grau 7, cujos parâmetros são mostrados no anexo. A tabela 4.19, apresenta o coeficiente de correlação da função potência obtida através do método 1.

Na figura 4.13, está presente a representação gráfica dos dados de potência vs velocidade do vento (dados sem agregação), relativa aos meses de Primavera. Verifica-se que esta representação é muito semelhante à mesma representação relativa às demais estações do ano, onde mais uma vez é possível observar uma elevada dispersão.

4.4.2 Método 2

Classe de tempo	Coeficiente de correlação	Classe de tempo	Coeficiente de correlação
0 – 3 Horas	0,66	12 – 15 Horas	0,62
3 – 6 Horas	0,62	15 – 18 Horas	0,60
6 – 9 Horas	0,62	18 – 21 Horas	0,64
9 – 12 Horas	0,63	21 – 24 Horas	0,68

Tabela 4.20: Coeficientes de correlação (significativamente diferentes de zero a um nível de significância inferior a 1%), relativos às funções potência obtidas através do método 2.

Em relação ao método 2, as funções escolhidas constituem polinómios cujo grau varia, em função da classe considerada, entre 5 e 8. A tabela 4.20, mostra os coeficientes de correlação obtidos em relação a cada função estimada através do método 2. Verifica-se que as funções potência obtidas através deste método, apresentam um coeficiente de correlação superior ao apresentado pela função potência estimada através do método 1. Tal como se verificou nas restantes estações do ano.

4.4.3 Método 3

Classe de direcção	Coeficiente de correlação	Classe de direcção	Coeficiente de correlação
90 – 135°	0,60	270 – 315°	0,50
135 – 180°	0,54	315 – 360°	0,71

Tabela 4.21: Coeficientes de correlação (significativamente diferente de zero a um nível de significância inferior a 1%), relativos às funções potência obtidas através do método 3.

A tabela 4.21, apresenta os coeficientes de correlação obtidos para cada uma das funções estimadas através do método 3. Analisando esta tabela, verifica-se que existe o mesmo problema que ocorreu anteriormente em relação aos meses de Verão, na medida em que também aqui não foi possível estimar para todas as classes de direcção a respectiva função potência. A explicação para o sucedido é a mesma que foi dada anteriormente em relação aos meses de Verão.

4.4.4 Método 4

A tabela 4.22, mostra os coeficientes de correlação, relativos às funções potência estimadas pelo método 4. Tal como nas demais estações do ano, os coeficientes de correlação obtidos através deste método são superiores aos obtidos através dos métodos 3, 2 e 1.

Classe de tempo	Coeficiente de correlação
0 – 3 Horas	0,86
3 – 6 Horas	0,81
6 – 9 Horas	0,85
9 – 12 Horas	0,86
12 – 15 Horas	0,83
15 – 18 Horas	0,80
18 – 21 Horas	0,86
21 – 24 Horas	0,86

Tabela 4.22: Coeficientes de correlação (significativamente diferentes de zero a um nível de significância inferior a 1%), relativos às funções potência obtidas através do método 4.

4.4.5 Método 5

Na tabela 4.23, estão presentes os coeficientes de correlação relativos às funções potência estimadas através do método 5. Tal como sucedeu em relação ao método 3, também em relação ao método 5 não foi possível estimar curvas de potência para todas as classes. A justificação para o sucedido é a mesma que foi dada anteriormente em relação aos meses de verão.

Classe de direcção	Coeficiente de correlação
90 – 135°	0,81
135 – 180°	0,84
270 – 315°	0,74
315 – 360°	0,89

Tabela 4.23: Coeficientes de correlação (significativamente diferentes de zero a um nível de significância inferior a 1%), relativos às funções potência obtidas através do método 5.

4.4.6 Comparação entre os diferentes métodos

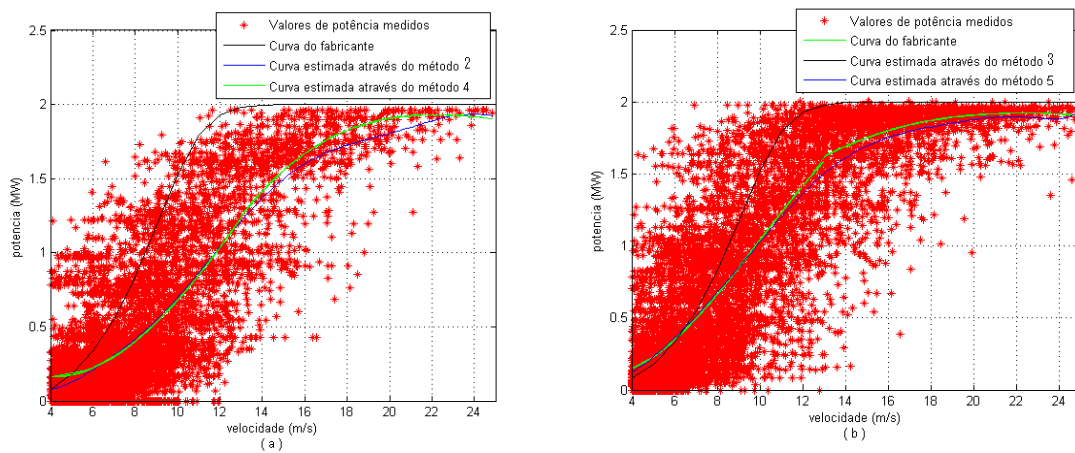


Figura 4.14: Função potência relativa aos (a) métodos 2 e 4 e à classe de tempo 3h-6h e (b) métodos 3 e 5 e à classe de direcção 315°-360°.

A figura 4.14, mostra as funções potência estimadas usando os métodos de 2 a 5, para dois grupos de dados, como exemplo.

O perfil das funções potência obtidas através do método 2 e método 3, em relação aos dados de Verão, apresenta um comportamento semelhante ao apresentado pelas mesmas funções relativas às restantes estações do ano. O mesmo é possível afirmar em relação às funções obtidas através dos métodos 4 e 5.

4.4.7 Validação das funções potência

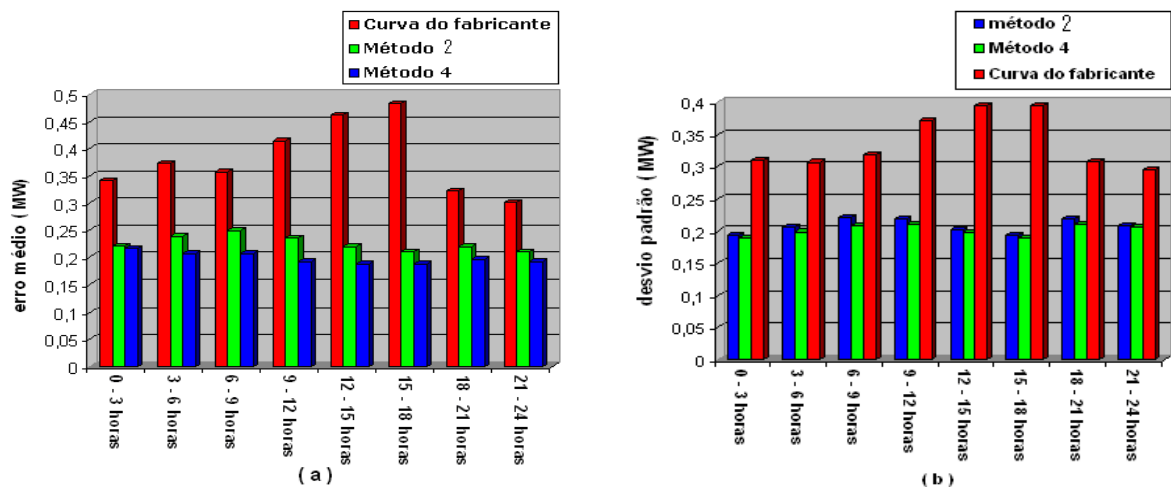


Figura 4.15: Validação da potência calculada utilizando os métodos 2 e 4 e a função potência do fabricante; (a) erro médio da potência calculada em relação à potência medida (b) desvio padrão do erro da potência calculada em relação à potência medida.

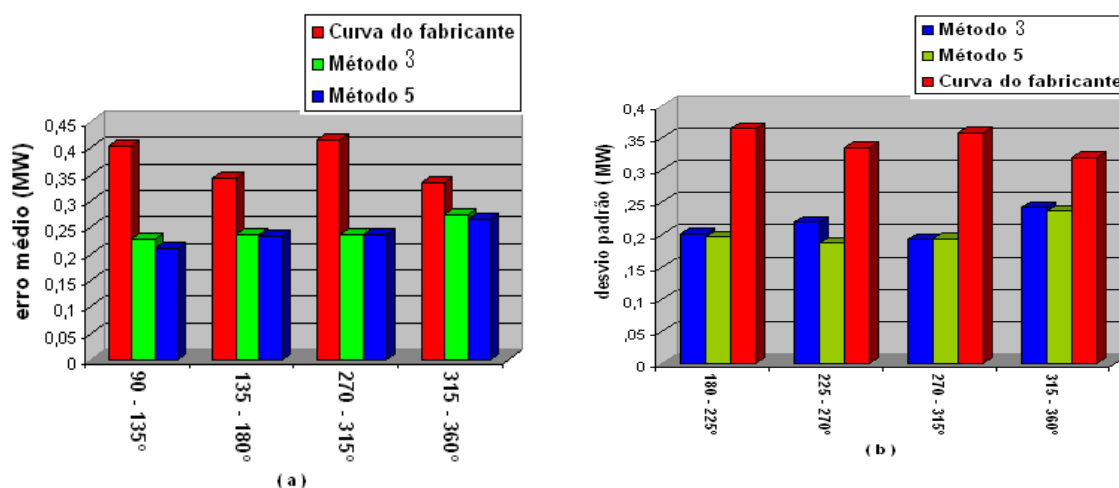


Figura 4.16: Validação da potência calculada utilizando os métodos 3 e 5 e a função potência do fabricante; (a) erro médio da potência calculada em relação à potência medida (b) desvio padrão do erro da potência calculada em relação à potência medida.

As figuras 4.15 e 4.16, mostram o erro médio e o desvio padrão do erro para os métodos 2 e 4, e, 3 e 5, respectivamente.

Verifica-se, com a excepção da classe 0 – 3 horas, que todos as classes de tempo apresentam diferenças bastante significativas entre o erro médio, proveniente da previsão de potência efectuada através do método 2, e o erro médio proveniente da previsão de potência efectuada através do método 4.

Tal como se verificou em relação às demais estações do ano, os erros médios provocados, através de funções potência obtidas pelos métodos de 2 a 5, são claramente inferiores aqueles obtidos utilizando a função potência calculada pelo método 1 e pela função do fabricante.

Em relação ao desvio padrão do erro, verifica-se um comportamento muito semelhante ao já verificado nos meses de Outono e Inverno. Registrando-se uma excepção ao nível do desvio padrão relativo às funções potência estimadas para a classe de direcção 270 – 315°, em que o desvio padrão do erro obtido através do método 5, é ligeiramente superior ao obtido através do método 3.

A tabela 4.24, apresenta os erros médios e respectivos desvios padrão obtidos utilizando a função potência do fabricante e o método 1.

Método 1	Erro médio (m/s)	Desvio padrão do erro (m/s)
Fabricante	0.44	0.42
Função estimada	0.35	0.39

Tabela 4.24: Validação da potência calculada utilizando a função potência do fabricante e o método 1.

4.5. Cálculos da intensidade de turbulência

A figura 4.17, mostra a potência média em função de IT (intensidade de turbulência), para a classe de tempo 3 - 6h e para a classe de direcção 45 - 90°, esta figura mostra ainda a distribuição de IT para toda a gama de potência e velocidade para a classe de tempo 3-6h. O comportamento de IT para outras classes de direcção e de tempo apresenta comportamento semelhante e, por isso, não é mostrado.

A figura 4.17 (a), mostra também que os dados que não estão agregados em classes de tempo ou direcção, apresentam velocidade com maior turbulência e potência média inferior.

A figura 4.17 (b), indica que, para potências elevadas observa-se menor turbulência indicando, como seria de esperar, que ventos fortes têm menor variabilidade temporal na sua intensidade. Relembrando da figura 3.4, ventos fortes também apresentam menor variabilidade na sua direcção. Também se conclui que as “zonas ” da função com maior dispersão, correspondem a classes de velocidade com maior turbulência.

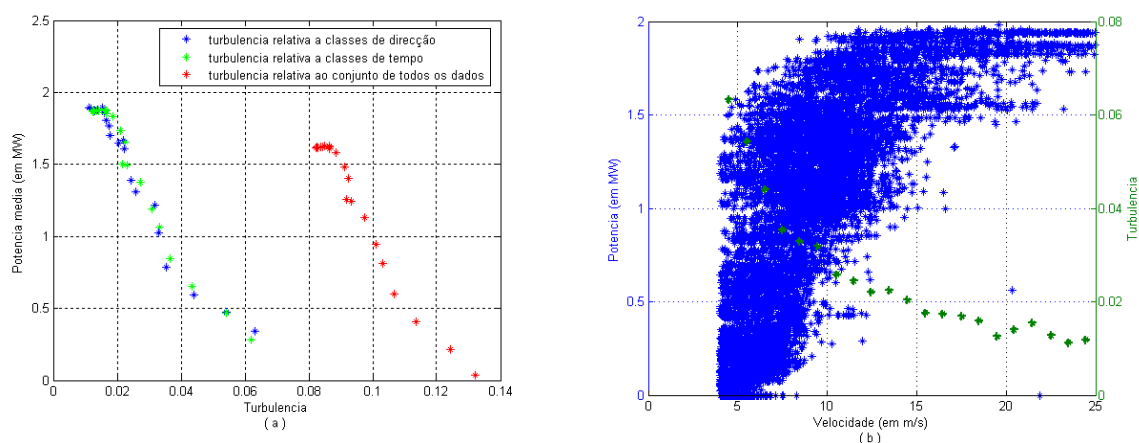


Figura 4.17: Intensidade de turbulência (IT). (a) Potência média, de uma dada classe de tempo e de direcção, em função de IT. (b) Variação do perfil turbulência vs velocidade ao longo da função potência, relativa à classe de tempo 3h – 6h, correspondente aos meses de Inverno

5. Conclusões

A produção de energia eólica tem aumentado exponencialmente em Portugal. O aproveitamento desse recurso requer máxima eficiência no processo de conversão entre energia cinética do vento e energia eléctrica produzida. A gestão dos vários tipos de energia introduzidos na rede de transporte é optimizada se a previsão da sua geração for de qualidade. A previsão de produção de energia eólica depende, entre outros factores, da função potência aplicada aos dados de vento previamente previstos. Este trabalho pretende melhorar a qualidade de previsão de produção de energia eólica através da determinação empírica da função potência que depende das

condições climáticas particulares da região onde se localiza o parque eólico. No método aqui desenvolvido, a função potência é calculada com base em dados de vento agregados em classes de tempo e de direcção. Desta forma minimiza-se o erro médio e a sua variabilidade temporal. Esta abordagem apresenta menor erro do que outros métodos porque a agregação dos dados reduz a turbulência dos mesmos.

As conclusões principais resultantes deste estudo são as seguintes:

1. A função potência fornecida pelo fabricante de aerogeradores inflaciona de forma significativa a potência de saída dos aerogeradores. A esta previsão está associado um erro médio muito elevado, comparativamente com o erro médio associado à previsão de potência gerada com os métodos aqui desenvolvidos.
2. A previsão de potência obtida por aplicação do método 1 (sem agregação de dados em classes) apresenta um erro médio significativamente menor do que aquele associado à aplicação da função potência fornecida pelo fabricante. No entanto, este método continua a apresentar erros médios superiores quando comparado com os restantes métodos.
3. As funções potência produzidas através da agregação dos dados de vento em classes de direcção (métodos 3 e 5), apresentam melhores resultados do que aqueles associados à agregação dos dados em classes de tempo (métodos 2 e 4). O menor erro obtido na previsão de potência gerada obtém-se por aplicação do método 5.
4. Por aplicação do método 5, comparativamente à utilização da função potência do fabricante, actualmente utilizada pela REN, o erro de previsão de potência gerada pelo parque é, em média, 11% inferior. O respectivo desvio padrão do erro é, em média 14% inferior.

Outras conclusões:

1. O vento no parque de Terras Altas de Fafe apresenta um comportamento diferenciado, em distintos períodos horários. Em geral, a classe de tempo 3h -6h apresenta variâncias mais elevadas e a classe 18h – 21h é a que apresenta variâncias mais baixas.
2. O vento no parque de Terras Altas de Fafe apresenta direcções predominantes. Sendo a direcção Norte aquela que ocorre com maior frequência.
3. A intensidade do vento na Primavera e Verão é, em média, inferior à das restantes estações do ano.

6. Sugestões para trabalho futuro

Os métodos aqui aplicados deveriam ser desenvolvidos e validados para períodos diferentes e, eventualmente, mais longos. Este método deveria ser comparado com outros métodos, por exemplo métodos estocásticos. Através deste tipo de métodos, é possível decompor a velocidade do vento e potência numa componente determinística e noutra aleatória [9]. A função potência, seria então calculada usando o grupo de dados com características determinísticas.

Deve ser assegurada a qualidade dos dados de base, de vento e de potência. Deve também ser assegurada a representatividade espacial dos dados do parque eólico.

7. Bibliografia

- [1] Ferreira A., 2004, Análise do potencial eólico para geração de energia eléctrica usando dados em micro escala de estações climatológicas no estado de São Paulo. Tese de mestrado, Universidade Estadual de Campinas – Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas, 1-153.
- [2] Dalmas A., passos J., Colle S., 2008. Energia eólica para geração de electricidade e a importância da previsão, Revista ABCM – Engenharia, Vol. XIII - No 1, 1-130.
- [3] Simões T, 2004, Base de dados do potencial energético do vento em Portugal – Metodologia e desenvolvimento, Dissertação submetida para a obtenção do grau de Mestre em Ciências e Engenharia da Terra, Universidade de Lisboa – Faculdade de Ciências, 1-106.
- [4] Trancoso A., Domingos J., Pestana R., 2007, Previsibilidade da Energia Eólica, EMS Annual Meeting, vol. 4.
- [5] Rui M., Castro G., 2007, Introdução à energia eólica, Energias renováveis e produção descentralizada, DEEC, IST (edição 3), 1-87.
- [6] Burton J, Sharpe D., Jenkins N., Bossanyi E., 2001, Wind Energy Handbook, Wiley New York, 1-503.
- [7] Manwell J., McGowan F., Rogers G., 2002, Wind Energy – Theory Design and Application, Ed. John Wiley & Sons LTD, 1-604.
- [8] Gamesa Eólica, 2003, Characteristics and general operation of G80-2.0 MW Wind-turbine.
- [9] Anahua E., Lange M., Boettcher F., Barth St., Peinke J., 2004, Stochastic analysis of the power output for a wind turbine, Proceedings of the European Wind Energy Conference-EWEC in London, 1-103.
- [10] Catalão J.P.S., Martins N.M.S., Mendes V.M.F., Redes neuronais artificiais para previsão da potência eólica.
- [11] Llombart A., Watson S. J., Llombart D., Fandos J. M., 2004, Power Curve Characterisation I: improving the bin method, projects: DPI2003–09731.
- [12] Rauh A., Peinke J., 2004, A phenomenological model for the dynamic response of wind turbines to turbulent wind, Journal of Wind Eng. Ind. and Aerody. 92, 159-183.

[13] Wilks D., 2005, Statistical Methods in the Atmospheric Sciences: An Introduction, Academic Press Inc, 1-408.

ANEXO 1 – Rotina em matlab, utilizada para aplicar o método 4.

```

clc
clear all
close all
%-----
load bin_03.dat
potencia_total=bin_03(:,2);
velocidade_total=bin_03(:,1);
%-----
k=0;
kk=0;

for i=1:length(potencia_total)
    if velocidade_total(i)>=4 & velocidade_total(i)<5
        k=k+1;
        velocidade_45(k)=velocidade_total(i);
        potencia_45(k)=potencia_total(i);
    end
end
% -----
y=0;
yy=0;

for i=1:length(potencia_total)
    if velocidade_total(i)>=5 & velocidade_total(i)<6
        y=y+1;
        velocidade_56(y)=velocidade_total(i);
        potencia_56(y)=potencia_total(i);
    end
end
%-----
z=0;
zz=0;

for i=1:length(potencia_total)
    if velocidade_total(i)>=6 & velocidade_total(i)<7
        z=z+1;
        velocidade_67(z)=velocidade_total(i);
        potencia_67(z)=potencia_total(i);
    end
end
%-----
x=0;
xx=0;

for i=1:length(potencia_total)
    if velocidade_total(i)>=7 & velocidade_total(i)<8
        x=x+1;
        velocidade_78(x)=velocidade_total(i);
        potencia_78(x)=potencia_total(i);
    end
end
%-----
x1=0;
xx1=0;

for i=1:length(potencia_total)
    if velocidade_total(i)>=8 & velocidade_total(i)<9
        x1=x1+1;
        velocidade_89(x1)=velocidade_total(i);
        potencia_89(x1)=potencia_total(i);
    end
end
%-----
x2=0;
xx2=0;

for i=1:length(potencia_total)
    if velocidade_total(i)>=9 & velocidade_total(i)<10
        x2=x2+1;
        velocidade_910(x2)=velocidade_total(i);
        potencia_910(x2)=potencia_total(i);
    end
end
%-----
x3=0;
xx3=0;

for i=1:length(potencia_total)
    if velocidade_total(i)>=10 & velocidade_total(i)<11
        x3=x3+1;
        velocidade_1011(x3)=velocidade_total(i);
    end
end

```



```

        potencia_1011(x3)=potencia_total(i);
    end
end
%-----
x4=0;
xx4=0;
for i=1:length(potencia_total)
    if velocidade_total(i)>=11 & velocidade_total(i)<12
        x4=x4+1;
        velocidade_1112(x4)=velocidade_total(i);
        potencia_1112(x4)=potencia_total(i);
    end
end
%-----
x5=0;
xx5=0;
for i=1:length(potencia_total)
    if velocidade_total(i)>=12 & velocidade_total(i)<13
        x5=x5+1;
        velocidade_1213(x5)=velocidade_total(i);
        potencia_1213(x5)=potencia_total(i);
    end
end
%-----
x6=0;
xx6=0;
for i=1:length(potencia_total)
    if velocidade_total(i)>=13 & velocidade_total(i)<14
        x6=x6+1;
        velocidade_1314(x6)=velocidade_total(i);
        potencia_1314(x6)=potencia_total(i);
    end
end
%-----
x7=0;
xx7=0;
for i=1:length(potencia_total)
    if velocidade_total(i)>=14 & velocidade_total(i)<15
        x7=x7+1;
        velocidade_1415(x7)=velocidade_total(i);
        potencia_1415(x7)=potencia_total(i);
    end
end
%-----
x8=0;
xx8=0;
for i=1:length(potencia_total)
    if velocidade_total(i)>=15 & velocidade_total(i)<16
        x8=x8+1;
        velocidade_1516(x8)=velocidade_total(i);
        potencia_1516(x8)=potencia_total(i);
    end
end
%-----
x9=0;
xx9=0;
for i=1:length(potencia_total)
    if velocidade_total(i)>=16 & velocidade_total(i)<17
        x9=x9+1;
        velocidade_1617(x9)=velocidade_total(i);
        potencia_1617(x9)=potencia_total(i);
    end
end
%-----
x10=0;
xx10=0;
for i=1:length(potencia_total)
    if velocidade_total(i)>=17 & velocidade_total(i)<18
        x10=x10+1;
        velocidade_1718(x10)=velocidade_total(i);
        potencia_1718(x10)=potencia_total(i);
    end
end
%-----
x11=0;
xx11=0;

```

```

for i=1:length(potencia_total)
    if velocidade_total(i)>=18 & velocidade_total(i)<19
        x11=x11+1;
        velocidade_1819(x11)=velocidade_total(i);
        potencia_1819(x11)=potencia_total(i);
    end
end
%-----
x12=0;
xx12=0;
for i=1:length(potencia_total)
    if velocidade_total(i)>=19 & velocidade_total(i)<20
        x12=x12+1;
        velocidade_1920(x12)=velocidade_total(i);
        potencia_1920(x12)=potencia_total(i);
    end
end
%-----
x13=0;
xx13=0;
for i=1:length(potencia_total)
    if velocidade_total(i)>=20 & velocidade_total(i)<21
        x13=x13+1;
        velocidade_2021(x13)=velocidade_total(i);
        potencia_2021(x13)=potencia_total(i);
    end
end
%-----
x14=0;
xx14=0;
for i=1:length(potencia_total)
    if velocidade_total(i)>=21 & velocidade_total(i)<22
        x14=x14+1;
        velocidade_2122(x14)=velocidade_total(i);
        potencia_2122(x14)=potencia_total(i);
    end
end
%-----
x15=0;
xx15=0;
for i=1:length(potencia_total)
    if velocidade_total(i)>=22 & velocidade_total(i)<23
        x15=x15+1;
        velocidade_2223(x15)=velocidade_total(i);
        potencia_2223(x15)=potencia_total(i);
    end
end
%-----
x16=0;
xx16=0;
for i=1:length(potencia_total)
    if velocidade_total(i)>=23 & velocidade_total(i)<24
        x16=x16+1;
        velocidade_2324(x16)=velocidade_total(i);
        potencia_2324(x16)=potencia_total(i);
    end
end
%-----
x17=0;
xx17=0;
for i=1:length(potencia_total)
    if velocidade_total(i)>=24 & velocidade_total(i)<25
        x17=x17+1;
        velocidade_2425(x17)=velocidade_total(i);
        potencia_2425(x17)=potencia_total(i);
    end
end

orde_pot_45=sort(potencia_45);
a=orde_pot_45(30);
b=orde_pot_45(length(orde_pot_45)-30);
r=0;
for j=1:length(potencia_45)
    if potencia_45(j)>a & potencia_45(j)<b & potencia_45(j)<3.5
        r=r+1;
    end
end

```

```

    potencia_45_filtro(r)=potencia_45(j);
    velocidade_45_filtro(r)=velocidade_45(j);
end
end

media_pot_45=mean(potencia_45_filtro);
mediana_pot_45=median(potencia_45_filtro);
media_velo_45=mean(velocidade_45_filtro);
mediana_velo_45=median(velocidade_45_filtro);
moda_velo_45=3*mediana_velo_45-2*media_velo_45;
moda_pot_45=3*mediana_pot_45-2*media_pot_45;

dp_45=std(velocidade_45);
tubulencia_45=dp_45/mean(velocidade_45);
% %-----
% %-----

orde_pot_56=sort(potencia_56);
a=orde_pot_56(30);
b=orde_pot_56(length(orde_pot_56)-30);
r=0;
for j=1:length(potencia_56)

if potencia_56(j)>a & potencia_56(j)<b & potencia_56(j)<4
    r=r+1;
    potencia_56_filtro(r)=potencia_56(j);
    velocidade_56_filtro(r)=velocidade_56(j);
end
end
media_pot_56=mean(potencia_56_filtro);
mediana_pot_56=median(potencia_56_filtro);
media_velo_56=mean(velocidade_56_filtro);
mediana_velo_56=median(velocidade_56_filtro);
moda_velo_56=3*mediana_velo_56-2*media_velo_56;
moda_pot_56=3*mediana_pot_56-2*media_pot_56;
dp_56=std(velocidade_56_filtro);
tubulencia_56=dp_56/media_velo_56;

% %-----
% %-----

orde_pot_67=sort(potencia_67);
a=orde_pot_67(30);
b=orde_pot_67(length(orde_pot_67)-30);
r=0;
for j=1:length(potencia_67)

if potencia_67(j)>a & potencia_67(j)<b & potencia_67(j)<3.5
    r=r+1;
    potencia_67_filtro(r)=potencia_67(j);
    velocidade_67_filtro(r)=velocidade_67(j);
end
end
media_pot_67=mean(potencia_67_filtro);
mediana_pot_67=median(potencia_67_filtro);
media_velo_67=mean(velocidade_67_filtro);
mediana_velo_67=median(velocidade_67_filtro);
moda_velo_67=3*mediana_velo_67-2*media_velo_67;
moda_pot_67=3*mediana_pot_67-2*media_pot_67;
dp_67=std(velocidade_67_filtro);
tubulencia_67=dp_67/media_velo_67;

% %-----
% %-----

orde_pot_78=sort(potencia_78);
a=orde_pot_78(15);
b=orde_pot_78(length(orde_pot_78)-20);
r=0;
for j=1:length(potencia_78)

if potencia_78(j)>a & potencia_78(j)<b & potencia_78(j)<b
    r=r+1;
    potencia_78_filtro(r)=potencia_78(j);
    velocidade_78_filtro(r)=velocidade_78(j);
end
end
media_pot_78=mean(potencia_78_filtro);
mediana_pot_78=median(potencia_78_filtro);

```

```

media_velo_78=mean(velocidade_78_filtro);
mediana_velo_78=median(velocidade_78_filtro);
moda_velo_78=3*mediana_velo_78-2*media_velo_78;
moda_pot_78=3*mediana_pot_78-2*media_pot_78;
dp_78=std(velocidade_78_filtro);
tubulencia_78=dp_78/media_velo_78;
% %-----
% %-----
orde_pot_89=sort(potencia_89);
a=orde_pot_89(15);
b=orde_pot_89(length(orde_pot_89)-20);
r=0;
for j=1:length(potencia_89)

if potencia_89(j)>a & potencia_89(j)<b & potencia_89(j)<3.5
    r=r+1;
    potencia_89_filtro(r)=potencia_89(j);
    velocidade_89_filtro(r)=velocidade_89(j);
end
end
media_pot_89=mean(potencia_89_filtro);
mediana_pot_89=median(potencia_89_filtro);
media_velo_89=mean(velocidade_89_filtro);
mediana_velo_89=median(velocidade_89_filtro);
moda_velo_89=3*mediana_velo_89-2*media_velo_89;
moda_pot_89=3*mediana_pot_89-2*media_pot_89;
dp_89=std(velocidade_89_filtro);
tubulencia_89=dp_89/media_velo_89;
% %-----
% %-----
orde_pot_910=sort(potencia_910);
a=orde_pot_910(30);
b=orde_pot_910(length(orde_pot_910)-30);
r=0;
for j=1:length(potencia_910)

if potencia_910(j)>a & potencia_910(j)<b
    r=r+1;
    potencia_910_filtro(r)=potencia_910(j);
    velocidade_910_filtro(r)=velocidade_910(j);
end
end
media_pot_910=mean(potencia_910_filtro);
mediana_pot_910=median(potencia_910_filtro);
media_velo_910=mean(velocidade_910_filtro);
mediana_velo_910=median(velocidade_910_filtro);
moda_velo_910=3*mediana_velo_910-2*media_velo_910;
moda_pot_910=3*mediana_pot_910-2*media_pot_910;
dp_910=std(velocidade_910_filtro);
tubulencia_910=dp_910/media_velo_910;
% %-----
% %-----
orde_pot_1011=sort(potencia_1011);
a=orde_pot_1011(30);
b=orde_pot_1011(length(orde_pot_1011)-30);
r=0;
for j=1:length(potencia_1011)

if potencia_1011(j)>a & potencia_1011(j)<b
    r=r+1;
    potencia_1011_filtro(r)=potencia_1011(j);
    velocidade_1011_filtro(r)=velocidade_1011(j);
end
end
media_pot_1011=mean(potencia_1011_filtro);
mediana_pot_1011=median(potencia_1011_filtro);
media_velo_1011=mean(velocidade_1011_filtro);
mediana_velo_1011=median(velocidade_1011_filtro);
moda_velo_1011=3*mediana_velo_1011-2*media_velo_1011;
moda_pot_1011=3*mediana_pot_1011-2*media_pot_1011;
dp_1011=std(velocidade_1011_filtro);
tubulencia_1011=dp_1011/media_velo_1011;
% %-----
% %-----
orde_pot_1112=sort(potencia_1112);
a=orde_pot_1112(30);

```

```

b=orde_pot_1112(length(orde_pot_1112)-30);
r=0;
for j=1:length(potencia_1112)

if potencia_1112(j)>a & potencia_1112(j)<b
    r=r+1;
    potencia_1112_filtro(r)=potencia_1112(j);
    velocidade_1112_filtro(r)=velocidade_1112(j);
end
end
media_pot_1112=mean(potencia_1112_filtro);
mediana_pot_1112=median(potencia_1112_filtro);
media_velo_1112=mean(velocidade_1112_filtro);
mediana_velo_1112=median(velocidade_1112_filtro);
moda_velo_1112=3*mediana_velo_1112-2*media_velo_1112;
moda_pot_1112=3*mediana_pot_1112-2*media_pot_1112;
dp_1112=std(velocidade_1112_filtro);
tubulencia_1112=dp_1112/media_velo_1112;
% %-----
% %-----
orde_pot_1213=sort(potencia_1213);
a=orde_pot_1213(30);
b=orde_pot_1213(length(orde_pot_1213)-30);
r=0;
for j=1:length(potencia_1213)

if potencia_1213(j)>a & potencia_1213(j)<b
    r=r+1;
    potencia_1213_filtro(r)=potencia_1213(j);
    velocidade_1213_filtro(r)=velocidade_1213(j);
end
end
media_pot_1213=mean(potencia_1213_filtro);
mediana_pot_1213=median(potencia_1213_filtro);
media_velo_1213=mean(velocidade_1213_filtro);
mediana_velo_1213=median(velocidade_1213_filtro);
moda_velo_1213=3*mediana_velo_1213-2*media_velo_1213;
moda_pot_1213=3*mediana_pot_1213-2*media_pot_1213;
dp_1213=std(velocidade_1213_filtro);
tubulencia_1213=dp_1213/media_velo_1213;
% %-----
% %-----
orde_pot_1314=sort(potencia_1314);
a=orde_pot_1314(20);
b=orde_pot_1314(length(orde_pot_1314)-20);
r=0;
for j=1:length(potencia_1314)

if potencia_1314(j)>a & potencia_1314(j)<b
    r=r+1;
    potencia_1314_filtro(r)=potencia_1314(j);
    velocidade_1314_filtro(r)=velocidade_1314(j);
end
end
media_pot_1314=mean(potencia_1314_filtro);
mediana_pot_1314=median(potencia_1314_filtro);
media_velo_1314=mean(velocidade_1314_filtro);
mediana_velo_1314=median(velocidade_1314_filtro);
moda_velo_1314=3*mediana_velo_1314-2*media_velo_1314;
moda_pot_1314=3*mediana_pot_1314-2*media_pot_1314;
dp_1314=std(velocidade_1314_filtro);
tubulencia_1314=dp_1314/media_velo_1314;

% %-----
% %-----
orde_pot_1415=sort(potencia_1415);
a=orde_pot_1415(20);
b=orde_pot_1415(length(orde_pot_1415)-30);
r=0;
for j=1:length(potencia_1415)

if potencia_1415(j)>a & potencia_1415(j)<b
    r=r+1;
    potencia_1415_filtro(r)=potencia_1415(j);
    velocidade_1415_filtro(r)=velocidade_1415(j);
end
end

```

```

end
media_pot_1415=mean(potencia_1415_filtro);
mediana_pot_1415=median(potencia_1415_filtro);
media_velo_1415=mean(velocidade_1415_filtro);
mediana_velo_1415=median(velocidade_1415_filtro);
moda_velo_1415=3*mediana_velo_1415-2*media_velo_1415;
moda_pot_1415=3*mediana_pot_1415-2*media_pot_1415;
dp_1415=std(velocidade_1415_filtro);
tubulencia_1415=dp_1415/media_velo_1415;
% %-----
% %-----
orde_pot_1516=sort(potencia_1516);
a=orde_pot_1516(20);
b=orde_pot_1516(length(orde_pot_1516)-30);
r=0;
for j=1:length(potencia_1516)

if potencia_1516(j)>a & potencia_1516(j)<b
    r=r+1;
    potencia_1516_filtro(r)=potencia_1516(j);
    velocidade_1516_filtro(r)=velocidade_1516(j);
end
end
media_pot_1516=mean(potencia_1516_filtro);
mediana_pot_1516=median(potencia_1516_filtro);
media_velo_1516=mean(velocidade_1516_filtro);
mediana_velo_1516=median(velocidade_1516_filtro);
moda_velo_1516=3*mediana_velo_1516-2*media_velo_1516;
moda_pot_1516=3*mediana_pot_1516-2*media_pot_1516;
dp_1516=std(velocidade_1516_filtro);
tubulencia_1516=dp_1516/media_velo_1516;
% %-----
% %-----
orde_pot_1617=sort(potencia_1617);
a=orde_pot_1617(10);
b=orde_pot_1617(length(orde_pot_1617)-10);
r=0;
for j=1:length(potencia_1617)

if potencia_1617(j)>1.5 & potencia_1617(j)<b
    r=r+1;
    potencia_1617_filtro(r)=potencia_1617(j);
    velocidade_1617_filtro(r)=velocidade_1617(j);
end
end
media_pot_1617=mean(potencia_1617_filtro);
mediana_pot_1617=median(potencia_1617_filtro);
media_velo_1617=mean(velocidade_1617_filtro);
mediana_velo_1617=median(velocidade_1617_filtro);
moda_velo_1617=3*mediana_velo_1617-2*media_velo_1617;
moda_pot_1617=3*mediana_pot_1617-2*media_pot_1617;
dp_1617=std(velocidade_1617_filtro);
tubulencia_1617=dp_1617/media_velo_1617;
% %-----
% %-----
orde_pot_1718=sort(potencia_1718);
a=orde_pot_1718(20);
b=orde_pot_1718(length(orde_pot_1718)-20);
r=0;
for j=1:length(potencia_1718)

if potencia_1718(j)>1.55 & potencia_1718(j)<b
    r=r+1;
    potencia_1718_filtro(r)=potencia_1718(j);
    velocidade_1718_filtro(r)=velocidade_1718(j);
end
end
media_pot_1718=mean(potencia_1718_filtro);
mediana_pot_1718=median(potencia_1718_filtro);
media_velo_1718=mean(velocidade_1718_filtro);
mediana_velo_1718=median(velocidade_1718_filtro);
moda_velo_1718=3*mediana_velo_1718-2*media_velo_1718;
moda_pot_1718=3*mediana_pot_1718-2*media_pot_1718;
dp_1718=std(velocidade_1718_filtro);
tubulencia_1718=dp_1718/media_velo_1718;

```

```

% %-----
% %-----
orde_pot_1819=sort(potencia_1819);
a=orde_pot_1819(10);
b=orde_pot_1819(length(orde_pot_1819)-10);
r=0;
for j=1:length(potencia_1819)

if potencia_1819(j)>1.6 & potencia_1819(j)<b
    r=r+1;
    potencia_1819_filtro(r)=potencia_1819(j);
    velocidade_1819_filtro(r)=velocidade_1819(j);
end
end
media_pot_1819=mean(potencia_1819_filtro);
mediana_pot_1819=median(potencia_1819_filtro);
media_velo_1819=mean(velocidade_1819_filtro);
mediana_velo_1819=median(velocidade_1819_filtro);
moda_velo_1819=3*mediana_velo_1819-2*media_velo_1819;
moda_pot_1819=3*mediana_pot_1819-2*media_pot_1819;
dp_1819=std(velocidade_1819_filtro);
tubulencia_1819=dp_1819/media_velo_1819;
% %-----
% %-----
orde_pot_1920=sort(potencia_1920);
a=orde_pot_1920(10);
b=orde_pot_1920(length(orde_pot_1920)-10);
r=0;
for j=1:length(potencia_1920)

if potencia_1920(j)>1.7 & potencia_1920(j)<b
    r=r+1;
    potencia_1920_filtro(r)=potencia_1920(j);
    velocidade_1920_filtro(r)=velocidade_1920(j);
end
end
media_pot_1920=mean(potencia_1920_filtro);
mediana_pot_1920=median(potencia_1920_filtro);
media_velo_1920=mean(velocidade_1920_filtro);
mediana_velo_1920=median(velocidade_1920_filtro);
moda_velo_1920=3*mediana_velo_1920-2*media_velo_1920;
moda_pot_1920=3*mediana_pot_1920-2*media_pot_1920;
dp_1920=std(velocidade_1920_filtro);
tubulencia_1920=dp_1920/media_velo_1920;
% %-----
% %-----
orde_pot_2021=sort(potencia_2021);
a=orde_pot_2021(5);
b=orde_pot_2021(length(orde_pot_2021)-5);
r=0;
for j=1:length(potencia_2021)

if potencia_2021(j)>1.7 & potencia_2021(j)<b
    r=r+1;
    potencia_2021_filtro(r)=potencia_2021(j);
    velocidade_2021_filtro(r)=velocidade_2021(j);
end
end
media_pot_2021=mean(potencia_2021_filtro);
mediana_pot_2021=median(potencia_2021_filtro);
media_velo_2021=mean(velocidade_2021_filtro);
mediana_velo_2021=median(velocidade_2021_filtro);
moda_velo_2021=3*mediana_velo_2021-2*media_velo_2021;
moda_pot_2021=3*mediana_pot_2021-2*media_pot_2021;
dp_2021=std(velocidade_2021_filtro);
tubulencia_2021=dp_2021/media_velo_2021;
% %-----
% %-----
orde_pot_2122=sort(potencia_2122);
a=orde_pot_2122(5);
b=orde_pot_2122(length(orde_pot_2122)-5);
r=0;
for j=1:length(potencia_2122)

if potencia_2122(j)>1.7 & potencia_2122(j)<b
    r=r+1;

```

```

    potencia_2122_filtro(r)=potencia_2122(j);
    velocidade_2122_filtro(r)=velocidade_2122(j);
end
end
media_pot_2122=mean(potencia_2122_filtro);
mediana_pot_2122=median(potencia_2122_filtro);
media_velo_2122=mean(velocidade_2122_filtro);
mediana_velo_2122=median(velocidade_2122_filtro);
moda_velo_2122=3*mediana_velo_2122-2*media_velo_2122;
moda_pot_2122=3*mediana_pot_2122-2*media_pot_2122;
dp_2122=std(velocidade_2122_filtro);
tubulencia_2122=dp_2122/media_velo_2122;
% %-----
% %-----
orde_pot_2223=sort(potencia_2223);
a=orde_pot_2223(5);
b=orde_pot_2223(length(orde_pot_2223)-5);
r=0;
for j=1:length(potencia_2223)

if potencia_2223(j)>a & potencia_2223(j)<b
    r=r+1;
    potencia_2223_filtro(r)=potencia_2223(j);
    velocidade_2223_filtro(r)=velocidade_2223(j);
end
end
media_pot_2223=mean(potencia_2223_filtro);
mediana_pot_2223=median(potencia_2223_filtro);
media_velo_2223=mean(velocidade_2223_filtro);
mediana_velo_2223=median(velocidade_2223_filtro);
moda_velo_2223=3*mediana_velo_2223-2*media_velo_2223;
moda_pot_2223=3*mediana_pot_2223-2*media_pot_2223;
dp_2223=std(velocidade_2223_filtro);
tubulencia_2223=dp_2223/media_velo_2223;
% %-----
% %-----
orde_pot_2324=sort(potencia_2324);
a=orde_pot_2324(5);
b=orde_pot_2324(length(orde_pot_2324)-1);
r=0;
for j=1:length(potencia_2324)

if potencia_2324(j)>a & potencia_2324(j)<b
    r=r+1;
    potencia_2324_filtro(r)=potencia_2324(j);
    velocidade_2324_filtro(r)=velocidade_2324(j);
end
end
media_pot_2324=mean(potencia_2324_filtro);
mediana_pot_2324=median(potencia_2324_filtro);
media_velo_2324=mean(velocidade_2324_filtro);
mediana_velo_2324=median(velocidade_2324_filtro);
moda_velo_2324=3*mediana_velo_2324-2*media_velo_2324;
moda_pot_2324=3*mediana_pot_2324-2*media_pot_2324;
dp_2324=std(velocidade_2324_filtro);
tubulencia_2324=dp_2324/media_velo_2324;
% %-----
% %-----
orde_pot_2425=sort(potencia_2425);
a=orde_pot_2425(1);
b=orde_pot_2425(length(orde_pot_2425)-0);
r=0;
for j=1:length(potencia_2425)

if potencia_2425(j)>a & potencia_2425(j)<b
    r=r+1;
    potencia_2425_filtro(r)=potencia_2425(j);
    velocidade_2425_filtro(r)=velocidade_2425(j);
end
end
media_pot_2425=mean(potencia_2425_filtro);
mediana_pot_2425=median(potencia_2425_filtro);
media_velo_2425=mean(velocidade_2425_filtro);
mediana_velo_2425=median(velocidade_2425_filtro);
moda_velo_2425=3*mediana_velo_2425-2*media_velo_2425;
moda_pot_2425=3*mediana_pot_2425-2*media_pot_2425;

```



```
dp_2425=std(velocidade_2425_filtro);
tubulencia_2425=dp_2425/media_velo_2425;
```

```
potencia_filtro=[potencia_45_filtro potencia_56_filtro potencia_67_filtro potencia_78_filtro potencia_89_filtro potencia_910_filtro
potencia_1011_filtro potencia_1112_filtro potencia_1213_filtro potencia_1314_filtro potencia_1415_filtro potencia_1516_filtro
potencia_1617_filtro potencia_1718_filtro potencia_1819_filtro potencia_1920_filtro potencia_2021_filtro potencia_2122_filtro
potencia_2223_filtro potencia_2324_filtro potencia_2425_filtro];
velocidade_filtro=[velocidade_45_filtro velocidade_56_filtro velocidade_67_filtro velocidade_78_filtro velocidade_89_filtro
velocidade_910_filtro velocidade_1011_filtro velocidade_1112_filtro velocidade_1213_filtro velocidade_1314_filtro
velocidade_1415_filtro velocidade_1516_filtro velocidade_1617_filtro velocidade_1718_filtro velocidade_1819_filtro
velocidade_1920_filtro velocidade_2021_filtro velocidade_2122_filtro velocidade_2223_filtro velocidade_2324_filtro
velocidade_2425_filtro];
p45=polyfit(velocidade_45_filtro,potencia_45_filtro,9);
p56=polyfit(velocidade_56_filtro,potencia_56_filtro,8);
p67=polyfit(velocidade_67_filtro,potencia_67_filtro,8);
p78=polyfit(velocidade_78_filtro,potencia_78_filtro,8);
p89=polyfit(velocidade_89_filtro,potencia_89_filtro,8);
p910=polyfit(velocidade_910_filtro,potencia_910_filtro,8);
p1011=polyfit(velocidade_1011_filtro,potencia_1011_filtro,8);
p1112=polyfit(velocidade_1112_filtro,potencia_1112_filtro,9);
p1213=polyfit(velocidade_1213_filtro,potencia_1213_filtro,9);
p1314=polyfit(velocidade_1314_filtro,potencia_1314_filtro,9);
p1415=polyfit(velocidade_1415_filtro,potencia_1415_filtro,8);
p1516=polyfit(velocidade_1516_filtro,potencia_1516_filtro,7);
p1617=polyfit(velocidade_1617_filtro,potencia_1617_filtro,7);
p1718=polyfit(velocidade_1718_filtro,potencia_1718_filtro,7);
p1819=polyfit(velocidade_1819_filtro,potencia_1819_filtro,7);
p1920=polyfit(velocidade_1920_filtro,potencia_1920_filtro,7);
p2021=polyfit(velocidade_2021_filtro,potencia_2021_filtro,6);
p2122=polyfit(velocidade_2122_filtro,potencia_2122_filtro,6);
p2223=polyfit(velocidade_2223_filtro,potencia_2223_filtro,6);
p2324=polyfit(velocidade_2324_filtro,potencia_2324_filtro,6);
p2425=polyfit(velocidade_2425_filtro,potencia_2425_filtro,6);
```

```
for i=1:length(velocidade_45_filtro)
f_45(i)=p45(1).*velocidade_45_filtro(i).^9+p45(2).*velocidade_45_filtro(i).^8+p45(3).*velocidade_45_filtro(i).^7+p45(4).*velocidade_45_filtro(i).^6+p45(5).*velocidade_45_filtro(i).^5+p45(6).*velocidade_45_filtro(i).^4+p45(7).*velocidade_45_filtro(i).^3+p45(8).*velocidade_45_filtro(i).^2+p45(9).*velocidade_45_filtro(i)+p45(10);
end
```

```
for i=1:length(velocidade_56_filtro)
f_56(i)=p56(1).*velocidade_56_filtro(i).^8+p56(2).*velocidade_56_filtro(i).^7+p56(3).*velocidade_56_filtro(i).^6+p56(4).*velocidade_56_filtro(i).^5+p56(5).*velocidade_56_filtro(i).^4+p56(6).*velocidade_56_filtro(i).^3+p56(7).*velocidade_56_filtro(i).^2+p56(8).*velocidade_56_filtro(i)+p56(9);
end
```

```
for i=1:length(velocidade_67_filtro)
f_67(i)=p67(1).*velocidade_67_filtro(i).^8+p67(2).*velocidade_67_filtro(i).^7+p67(3).*velocidade_67_filtro(i).^6+p67(4).*velocidade_67_filtro(i).^5+p67(5).*velocidade_67_filtro(i).^4+p67(6).*velocidade_67_filtro(i).^3+p67(7).*velocidade_67_filtro(i).^2+p67(8).*velocidade_67_filtro(i)+p67(9);
end
```

```
for i=1:length(velocidade_78_filtro)
f_78(i)=p78(1).*velocidade_78_filtro(i).^8+p78(2).*velocidade_78_filtro(i).^7+p78(3).*velocidade_78_filtro(i).^6+p78(4).*velocidade_78_filtro(i).^5+p78(5).*velocidade_78_filtro(i).^4+p78(6).*velocidade_78_filtro(i).^3+p78(7).*velocidade_78_filtro(i).^2+p78(8).*velocidade_78_filtro(i)+p78(9);
end
```

```
for i=1:length(velocidade_89_filtro)
f_89(i)=p89(1).*velocidade_89_filtro(i).^8+p89(2).*velocidade_89_filtro(i).^7+p89(3).*velocidade_89_filtro(i).^6+p89(4).*velocidade_89_filtro(i).^5+p89(5).*velocidade_89_filtro(i).^4+p89(6).*velocidade_89_filtro(i).^3+p89(7).*velocidade_89_filtro(i).^2+p89(8).*velocidade_89_filtro(i)+p89(9);
end
```

```
for i=1:length(velocidade_910_filtro)
f_910(i)=p910(1).*velocidade_910_filtro(i).^8+p910(2).*velocidade_910_filtro(i).^7+p910(3).*velocidade_910_filtro(i).^6+p910(4).*velocidade_910_filtro(i).^5+p910(5).*velocidade_910_filtro(i).^4+p910(6).*velocidade_910_filtro(i).^3+p910(7).*velocidade_910_filtro(i).^2+p910(8).*velocidade_910_filtro(i)+p910(9);
end
```

```
for i=1:length(velocidade_1011_filtro)
```

```

f_1011(i)=p1011(1).*velocidade_1011_filtro(i).^8+p1011(2).*velocidade_1011_filtro(i).^7+p1011(3).*velocidade_1011_filtro(i).^6+p1011(4).*velocidade_1011_filtro(i).^5+p1011(5).*velocidade_1011_filtro(i).^4+p1011(6).*velocidade_1011_filtro(i).^3+p1011(7).*velocidade_1011_filtro(i).^2+p1011(8).*velocidade_1011_filtro(i)+p1011(9);
end

for i=1:length(velocidade_1112_filtro)
f_1112(i)=p1112(1).*velocidade_1112_filtro(i).^9+p1112(2).*velocidade_1112_filtro(i).^8+p1112(3).*velocidade_1112_filtro(i).^7+p1112(4).*velocidade_1112_filtro(i).^6+p1112(5).*velocidade_1112_filtro(i).^5+p1112(6).*velocidade_1112_filtro(i).^4+p1112(7).*velocidade_1112_filtro(i).^3+p1112(8).*velocidade_1112_filtro(i).^2+p1112(9).*velocidade_1112_filtro(i)+p1112(10);
end

for i=1:length(velocidade_1213_filtro)
f_1213(i)=p1213(1).*velocidade_1213_filtro(i).^9+p1213(2).*velocidade_1213_filtro(i).^8+p1213(3).*velocidade_1213_filtro(i).^7+p1213(4).*velocidade_1213_filtro(i).^6+p1213(5).*velocidade_1213_filtro(i).^5+p1213(6).*velocidade_1213_filtro(i).^4+p1213(7).*velocidade_1213_filtro(i).^3+p1213(8).*velocidade_1213_filtro(i).^2+p1213(9).*velocidade_1213_filtro(i)+p1213(10);
end

for i=1:length(velocidade_1314_filtro)
f_1314(i)=p1314(1).*velocidade_1314_filtro(i).^9+p1314(2).*velocidade_1314_filtro(i).^8+p1314(3).*velocidade_1314_filtro(i).^7+p1314(4).*velocidade_1314_filtro(i).^6+p1314(5).*velocidade_1314_filtro(i).^5+p1314(6).*velocidade_1314_filtro(i).^4+p1314(7).*velocidade_1314_filtro(i).^3+p1314(8).*velocidade_1314_filtro(i).^2+p1314(9).*velocidade_1314_filtro(i)+p1314(10);
end

for i=1:length(velocidade_1415_filtro)
f_1415(i)=p1415(1).*velocidade_1415_filtro(i).^8+p1415(2).*velocidade_1415_filtro(i).^7+p1415(3).*velocidade_1415_filtro(i).^6+p1415(4).*velocidade_1415_filtro(i).^5+p1415(5).*velocidade_1415_filtro(i).^4+p1415(6).*velocidade_1415_filtro(i).^3+p1415(7).*velocidade_1415_filtro(i).^2+p1415(8).*velocidade_1415_filtro(i)+p1415(9);
end

for i=1:length(velocidade_1516_filtro)
f_1516(i)=p1516(1).*velocidade_1516_filtro(i).^7+p1516(2).*velocidade_1516_filtro(i).^6+p1516(3).*velocidade_1516_filtro(i).^5+p1516(4).*velocidade_1516_filtro(i).^4+p1516(5).*velocidade_1516_filtro(i).^3+p1516(6).*velocidade_1516_filtro(i).^2+p1516(7).*velocidade_1516_filtro(i)+p1516(8);
end

for i=1:length(velocidade_1617_filtro)
f_1617(i)=p1617(1).*velocidade_1617_filtro(i).^7+p1617(2).*velocidade_1617_filtro(i).^6+p1617(3).*velocidade_1617_filtro(i).^5+p1617(4).*velocidade_1617_filtro(i).^4+p1617(5).*velocidade_1617_filtro(i).^3+p1617(6).*velocidade_1617_filtro(i).^2+p1617(7).*velocidade_1617_filtro(i)+p1617(8);
end

for i=1:length(velocidade_1718_filtro)
f_1718(i)=p1718(1).*velocidade_1718_filtro(i).^7+p1718(2).*velocidade_1718_filtro(i).^6+p1718(3).*velocidade_1718_filtro(i).^5+p1718(4).*velocidade_1718_filtro(i).^4+p1718(5).*velocidade_1718_filtro(i).^3+p1718(6).*velocidade_1718_filtro(i).^2+p1718(7).*velocidade_1718_filtro(i)+p1718(8);
end

for i=1:length(velocidade_1819_filtro)
f_1819(i)=p1819(1).*velocidade_1819_filtro(i).^7+p1819(2).*velocidade_1819_filtro(i).^6+p1819(3).*velocidade_1819_filtro(i).^5+p1819(4).*velocidade_1819_filtro(i).^4+p1819(5).*velocidade_1819_filtro(i).^3+p1819(6).*velocidade_1819_filtro(i).^2+p1819(7).*velocidade_1819_filtro(i)+p1819(8);
end

for i=1:length(velocidade_1920_filtro)
f_1920(i)=p1920(1).*velocidade_1920_filtro(i).^7+p1920(2).*velocidade_1920_filtro(i).^6+p1920(3).*velocidade_1920_filtro(i).^5+p1920(4).*velocidade_1920_filtro(i).^4+p1920(5).*velocidade_1920_filtro(i).^3+p1920(6).*velocidade_1920_filtro(i).^2+p1920(7).*velocidade_1920_filtro(i)+p1920(8);
end

for i=1:length(velocidade_2021_filtro)
f_2021(i)=p2021(1).*velocidade_2021_filtro(i).^6+p2021(2).*velocidade_2021_filtro(i).^5+p2021(3).*velocidade_2021_filtro(i).^4+p2021(4).*velocidade_2021_filtro(i).^3+p2021(5).*velocidade_2021_filtro(i).^2+p2021(6).*velocidade_2021_filtro(i)+p2021(7);
;
end

for i=1:length(velocidade_2122_filtro)
f_2122(i)=p2122(1).*velocidade_2122_filtro(i).^6+p2122(2).*velocidade_2122_filtro(i).^5+p2122(3).*velocidade_2122_filtro(i).^4+p2122(4).*velocidade_2122_filtro(i).^3+p2122(5).*velocidade_2122_filtro(i).^2+p2122(6).*velocidade_2122_filtro(i)+p2122(7);
;
end

for i=1:length(velocidade_2223_filtro)
f_2223(i)=p2223(1).*velocidade_2223_filtro(i).^6+p2223(2).*velocidade_2223_filtro(i).^5+p2223(3).*velocidade_2223_filtro(i).^4+p2223(4).*velocidade_2223_filtro(i).^3+p2223(5).*velocidade_2223_filtro(i).^2+p2223(6).*velocidade_2223_filtro(i)+p2223(7);
;
end

```

```

for i=1:length(velocidade_2324_filtro)
f_2324(i)=p2324(1).*velocidade_2324_filtro(i).^6+p2324(2).*velocidade_2324_filtro(i).^5+p2324(3).*velocidade_2324_filtro(i).^4+p2324(4).*velocidade_2324_filtro(i).^3+p2324(5).*velocidade_2324_filtro(i).^2+p2324(6).*velocidade_2324_filtro(i)+p2324(7);
end

for i=1:length(velocidade_2425_filtro)
f_2425(i)=p2425(1).*velocidade_2425_filtro(i).^6+p2425(2).*velocidade_2425_filtro(i).^5+p2425(3).*velocidade_2425_filtro(i).^4+p2425(4).*velocidade_2425_filtro(i).^3+p2425(5).*velocidade_2425_filtro(i).^2+p2425(6).*velocidade_2425_filtro(i)+p2425(7);
end

f=[f_45 f_56 f_67 f_78 f_89 f_910 f_1011 f_1112 f_1213 ];
v=[velocidade_45_filtro velocidade_56_filtro velocidade_67_filtro velocidade_78_filtro velocidade_89_filtro velocidade_910_filtro
velocidade_1011_filtro velocidade_1112_filtro velocidade_1213_filtro ];

f1=[f_1314 f_1415 f_1516 f_1617 f_1718 f_1819 f_1920 f_2021 f_2122 f_2223 f_2324 f_2425];
v1=[velocidade_1314_filtro velocidade_1415_filtro velocidade_1516_filtro velocidade_1617_filtro velocidade_1718_filtro
velocidade_1819_filtro velocidade_1920_filtro velocidade_2021_filtro velocidade_2122_filtro velocidade_2223_filtro
velocidade_2324_filtro velocidade_2425_filtro];

%-----ajuste da func~cao do fabricante-----
p_fa=[78.6 181.2 335.4 549.8 831.5 1174.8 1528.3 1794.7 1931.1 1981.0 ]./1000 ;
p_fa1=[1995.3 1998.9 1999.8 2000.0 2000.0 2000.0 2000.0 2000.0 2000.0 2000.0 2000.0 2000.0]./1000;

v_f=[4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 ];
v_fa1=[14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25];

p_fabricante413=polyfit(v_f,p_fa,3);
ajust_f=p_fabricante413(1).*v_f.^3+p_fabricante413(2).*v_f.^2+p_fabricante413(3).*v_f+p_fabricante413(4);

p_fabricante1325=polyfit(v_fa1,p_fa1,3);
ajust_f1=p_fabricante1325(1).*v_fa1.^3+p_fabricante1325(2).*v_fa1.^2+p_fabricante1325(3).*v_fa1+p_fabricante1325(4);

velo_fabri=[v_f v_fa1];
pot_fabri=[ajust_f ajust_f1];
%-----ajuste da func~cao estimada-----

p=polyfit(v,f,3);
ajust=p(1).*v.^3+p(2).*v.^2+p(3).*v+p(4);

p1=polyfit(v1,f1,3);
ajust_1=p1(1).*v1.^3+p1(2).*v1.^2+p1(3).*v1+p1(4);

ff=[ajust ajust_1];
vv=[v v1];
fff=[f f1];

```

ANEXO 2 – Rotina em matlab, utilizada para aplicar o método 5.

```

clc
clear all
close all
%-----
load bin_045.dat
potencia_total=bin_045(:,2);
velocidade_total=bin_045(:,1);
%-----
k=0;
kk=0;

for i=1:length(potencia_total)
    if velocidade_total(i)>=4 & velocidade_total(i)<5
        k=k+1;
        velocidade_45(k)=velocidade_total(i);
        potencia_45(k)=potencia_total(i);
    end
end
%-----
y=0;
yy=0;

for i=1:length(potencia_total)
    if velocidade_total(i)>=5 & velocidade_total(i)<6
        y=y+1;
        velocidade_56(y)=velocidade_total(i);
        potencia_56(y)=potencia_total(i);
    end
end
%-----
z=0;
zz=0;
for i=1:length(potencia_total)
    if velocidade_total(i)>=6 & velocidade_total(i)<7
        z=z+1;
        velocidade_67(z)=velocidade_total(i);
        potencia_67(z)=potencia_total(i);
    end
end
%-----
x=0;
xx=0;
for i=1:length(potencia_total)
    if velocidade_total(i)>=7 & velocidade_total(i)<8
        x=x+1;
        velocidade_78(x)=velocidade_total(i);
        potencia_78(x)=potencia_total(i);
    end
end
%-----
x1=0;
xx1=0;
for i=1:length(potencia_total)
    if velocidade_total(i)>=8 & velocidade_total(i)<9
        x1=x1+1;
        velocidade_89(x1)=velocidade_total(i);
        potencia_89(x1)=potencia_total(i);
    end
end
%-----
x2=0;
xx2=0;
for i=1:length(potencia_total)
    if velocidade_total(i)>=9 & velocidade_total(i)<10

```

```

        x2=x2+1;
        velocidade_910(x2)=velocidade_total(i);
        potencia_910(x2)=potencia_total(i);
    end
end
%-----
x3=0;
xx3=0;
for i=1:length(potencia_total)
    if velocidade_total(i)>=10 & velocidade_total(i)<11
        x3=x3+1;
        velocidade_1011(x3)=velocidade_total(i);
        potencia_1011(x3)=potencia_total(i);
    end
end
%-----
x4=0;
xx4=0;
for i=1:length(potencia_total)
    if velocidade_total(i)>=11 & velocidade_total(i)<12
        x4=x4+1;
        velocidade_1112(x4)=velocidade_total(i);
        potencia_1112(x4)=potencia_total(i);
    end
end
%-----
x5=0;
xx5=0;
for i=1:length(potencia_total)
    if velocidade_total(i)>=12 & velocidade_total(i)<13
        x5=x5+1;
        velocidade_1213(x5)=velocidade_total(i);
        potencia_1213(x5)=potencia_total(i);
    end
end
%-----
x6=0;
xx6=0;
for i=1:length(potencia_total)
    if velocidade_total(i)>=13 & velocidade_total(i)<14
        x6=x6+1;
        velocidade_1314(x6)=velocidade_total(i);
        potencia_1314(x6)=potencia_total(i);
    end
end
%-----
x7=0;
xx7=0;
for i=1:length(potencia_total)
    if velocidade_total(i)>=14 & velocidade_total(i)<15
        x7=x7+1;
        velocidade_1415(x7)=velocidade_total(i);
        potencia_1415(x7)=potencia_total(i);
    end
end
%-----
x8=0;
xx8=0;
for i=1:length(potencia_total)
    if velocidade_total(i)>=15 & velocidade_total(i)<16
        x8=x8+1;
        velocidade_1516(x8)=velocidade_total(i);
        potencia_1516(x8)=potencia_total(i);
    end
end
%-----
x9=0;
xx9=0;
for i=1:length(potencia_total)
    if velocidade_total(i)>=16 & velocidade_total(i)<17
        x9=x9+1;
        velocidade_1617(x9)=velocidade_total(i);
        potencia_1617(x9)=potencia_total(i);
    end
end
%-----

```

```

x10=0;
xx10=0;
for i=1:length(potencia_total)
    if velocidade_total(i)>=17 & velocidade_total(i)<18
        x10=x10+1;
        velocidade_1718(x10)=velocidade_total(i);
        potencia_1718(x10)=potencia_total(i);
    end
end
%-----
x11=0;
xx11=0;
for i=1:length(potencia_total)
    if velocidade_total(i)>=18 & velocidade_total(i)<19
        x11=x11+1;
        velocidade_1819(x11)=velocidade_total(i);
        potencia_1819(x11)=potencia_total(i);
    end
end
%-----
x12=0;
xx12=0;
for i=1:length(potencia_total)
    if velocidade_total(i)>=19 & velocidade_total(i)<20
        x12=x12+1;
        velocidade_1920(x12)=velocidade_total(i);
        potencia_1920(x12)=potencia_total(i);
    end
end
%-----
x13=0;
xx13=0;
for i=1:length(potencia_total)
    if velocidade_total(i)>=20 & velocidade_total(i)<21
        x13=x13+1;
        velocidade_2021(x13)=velocidade_total(i);
        potencia_2021(x13)=potencia_total(i);
    end
end
%-----
x14=0;
xx14=0;
for i=1:length(potencia_total)
    if velocidade_total(i)>=21 & velocidade_total(i)<22
        x14=x14+1;
        velocidade_2122(x14)=velocidade_total(i);
        potencia_2122(x14)=potencia_total(i);
    end
end
%-----
x15=0;
xx15=0;
for i=1:length(potencia_total)
    if velocidade_total(i)>=22 & velocidade_total(i)<23
        x15=x15+1;
        velocidade_2223(x15)=velocidade_total(i);
        potencia_2223(x15)=potencia_total(i);
    end
end
%-----
x16=0;
xx16=0;
for i=1:length(potencia_total)
    if velocidade_total(i)>=23 & velocidade_total(i)<24
        x16=x16+1;
        velocidade_2324(x16)=velocidade_total(i);
        potencia_2324(x16)=potencia_total(i);
    end
end
%-----
x17=0;
xx17=0;
for i=1:length(potencia_total)
    if velocidade_total(i)>=24 & velocidade_total(i)<25
        x17=x17+1;
        velocidade_2425(x17)=velocidade_total(i);
    end
end

```

```

        potencia_2425(x17)=potencia_total(i);
    end
end

orde_pot_45=sort(potencia_45);
a=orde_pot_45(30);
b=orde_pot_45(length(orde_pot_45)-30);
r=0;
for j=1:length(potencia_45)

if potencia_45(j)>a & potencia_45(j)<b & potencia_45(j)<3.5
    r=r+1;
    potencia_45_filtro(r)=potencia_45(j);
    velocidade_45_filtro(r)=velocidade_45(j);
end
end

media_pot_45=mean(potencia_45_filtro);
mediana_pot_45=median(potencia_45_filtro);
media_velo_45=mean(velocidade_45_filtro);
mediana_velo_45=median(velocidade_45_filtro);
moda_velo_45=3*mediana_velo_45-2*media_velo_45;
moda_pot_45=3*mediana_pot_45-2*media_pot_45;

dp_45=std(velocidade_45);
tubulencia_45=dp_45/mean(velocidade_45);
% %-----
% %-----
orde_pot_56=sort(potencia_56);
a=orde_pot_56(30);
b=orde_pot_56(length(orde_pot_56)-30);
r=0;
for j=1:length(potencia_56)

if potencia_56(j)>a & potencia_56(j)<b & potencia_56(j)<4
    r=r+1;
    potencia_56_filtro(r)=potencia_56(j);
    velocidade_56_filtro(r)=velocidade_56(j);
end
end
media_pot_56=mean(potencia_56_filtro);
mediana_pot_56=median(potencia_56_filtro);
media_velo_56=mean(velocidade_56_filtro);
mediana_velo_56=median(velocidade_56_filtro);
moda_velo_56=3*mediana_velo_56-2*media_velo_56;
moda_pot_56=3*mediana_pot_56-2*media_pot_56;
dp_56=std(velocidade_56_filtro);
tubulencia_56=dp_56/media_velo_56;

% %-----
% %-----
orde_pot_67=sort(potencia_67);
a=orde_pot_67(30);
b=orde_pot_67(length(orde_pot_67)-30);
r=0;
for j=1:length(potencia_67)

if potencia_67(j)>a & potencia_67(j)<b & potencia_67(j)<3.5
    r=r+1;
    potencia_67_filtro(r)=potencia_67(j);
    velocidade_67_filtro(r)=velocidade_67(j);
end
end
media_pot_67=mean(potencia_67_filtro);
mediana_pot_67=median(potencia_67_filtro);
media_velo_67=mean(velocidade_67_filtro);
mediana_velo_67=median(velocidade_67_filtro);
moda_velo_67=3*mediana_velo_67-2*media_velo_67;
moda_pot_67=3*mediana_pot_67-2*media_pot_67;
dp_67=std(velocidade_67_filtro);
tubulencia_67=dp_67/media_velo_67;

% %-----
% %-----
orde_pot_78=sort(potencia_78);
a=orde_pot_78(30);

```



```

b=orde_pot_78(length(orde_pot_78)-30);
r=0;
for j=1:length(potencia_78)

if potencia_78(j)>a & potencia_78(j)<b & potencia_78(j)<b
    r=r+1;
    potencia_78_filtro(r)=potencia_78(j);
    velocidade_78_filtro(r)=velocidade_78(j);
end
end
media_pot_78=mean(potencia_78_filtro);
mediana_pot_78=median(potencia_78_filtro);
media_velo_78=mean(velocidade_78_filtro);
mediana_velo_78=median(velocidade_78_filtro);
moda_velo_78=3*mediana_velo_78-2*media_velo_78;
moda_pot_78=3*mediana_pot_78-2*media_pot_78;
dp_78=std(velocidade_78_filtro);
tubulencia_78=dp_78/media_velo_78;
% %-----
% %-----
orde_pot_89=sort(potencia_89);
a=orde_pot_89(30);
b=orde_pot_89(length(orde_pot_89)-30);
r=0;
for j=1:length(potencia_89)

if potencia_89(j)>a & potencia_89(j)<b & potencia_89(j)<3.5
    r=r+1;
    potencia_89_filtro(r)=potencia_89(j);
    velocidade_89_filtro(r)=velocidade_89(j);
end
end
media_pot_89=mean(potencia_89_filtro);
mediana_pot_89=median(potencia_89_filtro);
media_velo_89=mean(velocidade_89_filtro);
mediana_velo_89=median(velocidade_89_filtro);
moda_velo_89=3*mediana_velo_89-2*media_velo_89;
moda_pot_89=3*mediana_pot_89-2*media_pot_89;
dp_89=std(velocidade_89_filtro);
tubulencia_89=dp_89/media_velo_89;
% %-----
% %-----
orde_pot_910=sort(potencia_910);
a=orde_pot_910(30);
b=orde_pot_910(length(orde_pot_910)-30);
r=0;
for j=1:length(potencia_910)

if potencia_910(j)>a & potencia_910(j)<b
    r=r+1;
    potencia_910_filtro(r)=potencia_910(j);
    velocidade_910_filtro(r)=velocidade_910(j);
end
end
media_pot_910=mean(potencia_910_filtro);
mediana_pot_910=median(potencia_910_filtro);
media_velo_910=mean(velocidade_910_filtro);
mediana_velo_910=median(velocidade_910_filtro);
moda_velo_910=3*mediana_velo_910-2*media_velo_910;
moda_pot_910=3*mediana_pot_910-2*media_pot_910;
dp_910=std(velocidade_910_filtro);
tubulencia_910=dp_910/media_velo_910;
% %-----
% %-----
orde_pot_1011=sort(potencia_1011);
a=orde_pot_1011(30);
b=orde_pot_1011(length(orde_pot_1011)-30);
r=0;
for j=1:length(potencia_1011)

if potencia_1011(j)>a & potencia_1011(j)<b
    r=r+1;
    potencia_1011_filtro(r)=potencia_1011(j);
    velocidade_1011_filtro(r)=velocidade_1011(j);
end
end

```

```

media_pot_1011=mean(potencia_1011_filtro);
mediana_pot_1011=median(potencia_1011_filtro);
media_velo_1011=mean(velocidade_1011_filtro);
mediana_velo_1011=median(velocidade_1011_filtro);
moda_velo_1011=3*mediana_velo_1011-2*media_velo_1011;
moda_pot_1011=3*mediana_pot_1011-2*media_pot_1011;
dp_1011=std(velocidade_1011_filtro);
tubulencia_1011=dp_1011/media_velo_1011;
% %-----
% %-----
orde_pot_1112=sort(potencia_1112);
a=orde_pot_1112(30);
b=orde_pot_1112(length(orde_pot_1112)-30);
r=0;
for j=1:length(potencia_1112)

if potencia_1112(j)>a & potencia_1112(j)<b
    r=r+1;
    potencia_1112_filtro(r)=potencia_1112(j);
    velocidade_1112_filtro(r)=velocidade_1112(j);
end
end
media_pot_1112=mean(potencia_1112_filtro);
mediana_pot_1112=median(potencia_1112_filtro);
media_velo_1112=mean(velocidade_1112_filtro);
mediana_velo_1112=median(velocidade_1112_filtro);
moda_velo_1112=3*mediana_velo_1112-2*media_velo_1112;
moda_pot_1112=3*mediana_pot_1112-2*media_pot_1112;
dp_1112=std(velocidade_1112_filtro);
tubulencia_1112=dp_1112/media_velo_1112;
% %-----
% %-----
orde_pot_1213=sort(potencia_1213);
a=orde_pot_1213(30);
b=orde_pot_1213(length(orde_pot_1213)-30);
r=0;
for j=1:length(potencia_1213)

if potencia_1213(j)>1.1 & potencia_1213(j)<b
    r=r+1;
    potencia_1213_filtro(r)=potencia_1213(j);
    velocidade_1213_filtro(r)=velocidade_1213(j);
end
end
media_pot_1213=mean(potencia_1213_filtro);
mediana_pot_1213=median(potencia_1213_filtro);
media_velo_1213=mean(velocidade_1213_filtro);
mediana_velo_1213=median(velocidade_1213_filtro);
moda_velo_1213=3*mediana_velo_1213-2*media_velo_1213;
moda_pot_1213=3*mediana_pot_1213-2*media_pot_1213;
dp_1213=std(velocidade_1213_filtro);
tubulencia_1213=dp_1213/media_velo_1213;
% %-----
% %-----
orde_pot_1314=sort(potencia_1314);
a=orde_pot_1314(75);
b=orde_pot_1314(length(orde_pot_1314)-30);
r=0;
for j=1:length(potencia_1314)

if potencia_1314(j)>1.2 & potencia_1314(j)<b
    r=r+1;
    potencia_1314_filtro(r)=potencia_1314(j);
    velocidade_1314_filtro(r)=velocidade_1314(j);
end
end
media_pot_1314=mean(potencia_1314_filtro);
mediana_pot_1314=median(potencia_1314_filtro);
media_velo_1314=mean(velocidade_1314_filtro);
mediana_velo_1314=median(velocidade_1314_filtro);
moda_velo_1314=3*mediana_velo_1314-2*media_velo_1314;
moda_pot_1314=3*mediana_pot_1314-2*media_pot_1314;
dp_1314=std(velocidade_1314_filtro);
tubulencia_1314=dp_1314/media_velo_1314;
% %-----

```

```

% %-----
orde_pot_1415=sort(potencia_1415);
a=orde_pot_1415(20);
b=orde_pot_1415(length(orde_pot_1415)-30);
r=0;
for j=1:length(potencia_1415)

if potencia_1415(j)>1.4 & potencia_1415(j)<b
    r=r+1;
    potencia_1415_filtro(r)=potencia_1415(j);
    velocidade_1415_filtro(r)=velocidade_1415(j);
end
end
media_pot_1415=mean(potencia_1415_filtro);
mediana_pot_1415=median(potencia_1415_filtro);
media_velo_1415=mean(velocidade_1415_filtro);
mediana_velo_1415=median(velocidade_1415_filtro);
moda_velo_1415=3*mediana_velo_1415-2*media_velo_1415;
moda_pot_1415=3*mediana_pot_1415-2*media_pot_1415;
dp_1415=std(velocidade_1415_filtro);
tubulencia_1415=dp_1415/media_velo_1415;
% %-----
% %-----
orde_pot_1516=sort(potencia_1516);
a=orde_pot_1516(20);
b=orde_pot_1516(length(orde_pot_1516)-30);
r=0;
for j=1:length(potencia_1516)

if potencia_1516(j)>a & potencia_1516(j)<b
    r=r+1;
    potencia_1516_filtro(r)=potencia_1516(j);
    velocidade_1516_filtro(r)=velocidade_1516(j);
end
end
media_pot_1516=mean(potencia_1516_filtro);
mediana_pot_1516=median(potencia_1516_filtro);
media_velo_1516=mean(velocidade_1516_filtro);
mediana_velo_1516=median(velocidade_1516_filtro);
moda_velo_1516=3*mediana_velo_1516-2*media_velo_1516;
moda_pot_1516=3*mediana_pot_1516-2*media_pot_1516;
dp_1516=std(velocidade_1516_filtro);
tubulencia_1516=dp_1516/media_velo_1516;
% %-----
% %-----
orde_pot_1617=sort(potencia_1617);
a=orde_pot_1617(10);
b=orde_pot_1617(length(orde_pot_1617)-10);
r=0;
for j=1:length(potencia_1617)

if potencia_1617(j)>1.6 & potencia_1617(j)<b
    r=r+1;
    potencia_1617_filtro(r)=potencia_1617(j);
    velocidade_1617_filtro(r)=velocidade_1617(j);
end
end
media_pot_1617=mean(potencia_1617_filtro);
mediana_pot_1617=median(potencia_1617_filtro);
media_velo_1617=mean(velocidade_1617_filtro);
mediana_velo_1617=median(velocidade_1617_filtro);
moda_velo_1617=3*mediana_velo_1617-2*media_velo_1617;
moda_pot_1617=3*mediana_pot_1617-2*media_pot_1617;
dp_1617=std(velocidade_1617_filtro);
tubulencia_1617=dp_1617/media_velo_1617;
% %-----
% %-----
orde_pot_1718=sort(potencia_1718);
a=orde_pot_1718(20);
b=orde_pot_1718(length(orde_pot_1718)-20);
r=0;
for j=1:length(potencia_1718)

if potencia_1718(j)>1.6 & potencia_1718(j)<b
    r=r+1;
    potencia_1718_filtro(r)=potencia_1718(j);

```

```

    velocidade_1718_filtro(r)=velocidade_1718(j);
end
end
media_pot_1718=mean(potencia_1718_filtro);
mediana_pot_1718=median(potencia_1718_filtro);
media_velo_1718=mean(velocidade_1718_filtro);
mediana_velo_1718=median(velocidade_1718_filtro);
moda_velo_1718=3*mediana_velo_1718-2*media_velo_1718;
moda_pot_1718=3*mediana_pot_1718-2*media_pot_1718;
dp_1718=std(velocidade_1718_filtro);
tubulencia_1718=dp_1718/media_velo_1718;

% %-----
% %-----
orde_pot_1819=sort(potencia_1819);
a=orde_pot_1819(10);
b=orde_pot_1819(length(orde_pot_1819)-10);
r=0;
for j=1:length(potencia_1819)

if potencia_1819(j)>1.7 & potencia_1819(j)<b
    r=r+1;
    potencia_1819_filtro(r)=potencia_1819(j);
    velocidade_1819_filtro(r)=velocidade_1819(j);
end
end
media_pot_1819=mean(potencia_1819_filtro);
mediana_pot_1819=median(potencia_1819_filtro);
media_velo_1819=mean(velocidade_1819_filtro);
mediana_velo_1819=median(velocidade_1819_filtro);
moda_velo_1819=3*mediana_velo_1819-2*media_velo_1819;
moda_pot_1819=3*mediana_pot_1819-2*media_pot_1819;
dp_1819=std(velocidade_1819_filtro);
tubulencia_1819=dp_1819/media_velo_1819;
% %-----
% %-----
orde_pot_1920=sort(potencia_1920);
a=orde_pot_1920(10);
b=orde_pot_1920(length(orde_pot_1920)-10);
r=0;
for j=1:length(potencia_1920)

if potencia_1920(j)>1.7 & potencia_1920(j)<b
    r=r+1;
    potencia_1920_filtro(r)=potencia_1920(j);
    velocidade_1920_filtro(r)=velocidade_1920(j);
end
end
media_pot_1920=mean(potencia_1920_filtro);
mediana_pot_1920=median(potencia_1920_filtro);
media_velo_1920=mean(velocidade_1920_filtro);
mediana_velo_1920=median(velocidade_1920_filtro);
moda_velo_1920=3*mediana_velo_1920-2*media_velo_1920;
moda_pot_1920=3*mediana_pot_1920-2*media_pot_1920;
dp_1920=std(velocidade_1920_filtro);
tubulencia_1920=dp_1920/media_velo_1920;
% %-----
% %-----
orde_pot_2021=sort(potencia_2021);
a=orde_pot_2021(5);
b=orde_pot_2021(length(orde_pot_2021)-5);
r=0;
for j=1:length(potencia_2021)

if potencia_2021(j)>1.7 & potencia_2021(j)<b
    r=r+1;
    potencia_2021_filtro(r)=potencia_2021(j);
    velocidade_2021_filtro(r)=velocidade_2021(j);
end
end
media_pot_2021=mean(potencia_2021_filtro);
mediana_pot_2021=median(potencia_2021_filtro);
media_velo_2021=mean(velocidade_2021_filtro);
mediana_velo_2021=median(velocidade_2021_filtro);
moda_velo_2021=3*mediana_velo_2021-2*media_velo_2021;
moda_pot_2021=3*mediana_pot_2021-2*media_pot_2021;

```

```

dp_2021=std(velocidade_2021_filtro);
tubulencia_2021=dp_2021/media_velo_2021;
% %-----
% %-----
orde_pot_2122=sort(potencia_2122);
a=orde_pot_2122(5);
b=orde_pot_2122(length(orde_pot_2122)-5);
r=0;
for j=1:length(potencia_2122)

if potencia_2122(j)>1.7 & potencia_2122(j)<b
    r=r+1;
    potencia_2122_filtro(r)=potencia_2122(j);
    velocidade_2122_filtro(r)=velocidade_2122(j);
end
end
media_pot_2122=mean(potencia_2122_filtro);
mediana_pot_2122=median(potencia_2122_filtro);
media_velo_2122=mean(velocidade_2122_filtro);
mediana_velo_2122=median(velocidade_2122_filtro);
moda_velo_2122=3*mediana_velo_2122-2*media_velo_2122;
moda_pot_2122=3*mediana_pot_2122-2*media_pot_2122;
dp_2122=std(velocidade_2122_filtro);
tubulencia_2122=dp_2122/media_velo_2122;
% %-----
% %-----
orde_pot_2223=sort(potencia_2223);
a=orde_pot_2223(5);
b=orde_pot_2223(length(orde_pot_2223)-5);
r=0;
for j=1:length(potencia_2223)

if potencia_2223(j)>a & potencia_2223(j)<b
    r=r+1;
    potencia_2223_filtro(r)=potencia_2223(j);
    velocidade_2223_filtro(r)=velocidade_2223(j);
end
end
media_pot_2223=mean(potencia_2223_filtro);
mediana_pot_2223=median(potencia_2223_filtro);
media_velo_2223=mean(velocidade_2223_filtro);
mediana_velo_2223=median(velocidade_2223_filtro);
moda_velo_2223=3*mediana_velo_2223-2*media_velo_2223;
moda_pot_2223=3*mediana_pot_2223-2*media_pot_2223;
dp_2223=std(velocidade_2223_filtro);
tubulencia_2223=dp_2223/media_velo_2223;
% %-----
% %-----
orde_pot_2324=sort(potencia_2324);
a=orde_pot_2324(5);
b=orde_pot_2324(length(orde_pot_2324)-1);
r=0;
for j=1:length(potencia_2324)

if potencia_2324(j)>a & potencia_2324(j)<b
    r=r+1;
    potencia_2324_filtro(r)=potencia_2324(j);
    velocidade_2324_filtro(r)=velocidade_2324(j);
end
end
media_pot_2324=mean(potencia_2324_filtro);
mediana_pot_2324=median(potencia_2324_filtro);
media_velo_2324=mean(velocidade_2324_filtro);
mediana_velo_2324=median(velocidade_2324_filtro);
moda_velo_2324=3*mediana_velo_2324-2*media_velo_2324;
moda_pot_2324=3*mediana_pot_2324-2*media_pot_2324;
dp_2324=std(velocidade_2324_filtro);
tubulencia_2324=dp_2324/media_velo_2324;
% %-----
% %-----
orde_pot_2425=sort(potencia_2425);
a=orde_pot_2425(1);
b=orde_pot_2425(length(orde_pot_2425)-0);
r=0;
for j=1:length(potencia_2425)

```

```

if potencia_2425(j)>a & potencia_2425(j)<b
    r=r+1;
    potencia_2425_filtro(r)=potencia_2425(j);
    velocidade_2425_filtro(r)=velocidade_2425(j);
end
end
media_pot_2425=mean(potencia_2425_filtro);
mediana_pot_2425=median(potencia_2425_filtro);
media_velo_2425=mean(velocidade_2425_filtro);
mediana_velo_2425=median(velocidade_2425_filtro);
moda_velo_2425=3*mediana_velo_2425-2*media_velo_2425;
moda_pot_2425=3*mediana_pot_2425-2*media_pot_2425;
dp_2425=std(velocidade_2425_filtro);
tubulencia_2425=dp_2425/media_velo_2425;

potencia_filtro=[potencia_45_filtro potencia_56_filtro potencia_67_filtro potencia_78_filtro potencia_89_filtro potencia_910_filtro
potencia_1011_filtro potencia_1112_filtro potencia_1213_filtro potencia_1314_filtro potencia_1415_filtro potencia_1516_filtro
potencia_1617_filtro potencia_1718_filtro potencia_1819_filtro potencia_1920_filtro potencia_2021_filtro potencia_2122_filtro
potencia_2223_filtro potencia_2324_filtro potencia_2425_filtro];
velocidade_filtro=[velocidade_45_filtro velocidade_56_filtro velocidade_67_filtro velocidade_78_filtro velocidade_89_filtro
velocidade_910_filtro velocidade_1011_filtro velocidade_1112_filtro velocidade_1213_filtro velocidade_1314_filtro
velocidade_1415_filtro velocidade_1516_filtro velocidade_1617_filtro velocidade_1718_filtro velocidade_1819_filtro
velocidade_1920_filtro velocidade_2021_filtro velocidade_2122_filtro velocidade_2223_filtro velocidade_2324_filtro
velocidade_2425_filtro];
p45=polyfit(velocidade_45_filtro,potencia_45_filtro,9);
p56=polyfit(velocidade_56_filtro,potencia_56_filtro,8);
p67=polyfit(velocidade_67_filtro,potencia_67_filtro,8);
p78=polyfit(velocidade_78_filtro,potencia_78_filtro,8);
p89=polyfit(velocidade_89_filtro,potencia_89_filtro,8);
p910=polyfit(velocidade_910_filtro,potencia_910_filtro,8);
p1011=polyfit(velocidade_1011_filtro,potencia_1011_filtro,8);
p1112=polyfit(velocidade_1112_filtro,potencia_1112_filtro,9);
p1213=polyfit(velocidade_1213_filtro,potencia_1213_filtro,9);
p1314=polyfit(velocidade_1314_filtro,potencia_1314_filtro,9);
p1415=polyfit(velocidade_1415_filtro,potencia_1415_filtro,8);
p1516=polyfit(velocidade_1516_filtro,potencia_1516_filtro,7);
p1617=polyfit(velocidade_1617_filtro,potencia_1617_filtro,7);
p1718=polyfit(velocidade_1718_filtro,potencia_1718_filtro,7);
p1819=polyfit(velocidade_1819_filtro,potencia_1819_filtro,7);
p1920=polyfit(velocidade_1920_filtro,potencia_1920_filtro,7);
p2021=polyfit(velocidade_2021_filtro,potencia_2021_filtro,6);
p2122=polyfit(velocidade_2122_filtro,potencia_2122_filtro,6);
p2223=polyfit(velocidade_2223_filtro,potencia_2223_filtro,6);
p2324=polyfit(velocidade_2324_filtro,potencia_2324_filtro,6);
p2425=polyfit(velocidade_2425_filtro,potencia_2425_filtro,6);

for i=1:length(velocidade_45_filtro)
    f_45(i)=p45(1).*velocidade_45_filtro(i).^9+p45(2).*velocidade_45_filtro(i).^8+p45(3).*velocidade_45_filtro(i).^7+p45(4).*velocidade_45_filtro(i).^6+p45(5).*velocidade_45_filtro(i).^5+p45(6).*velocidade_45_filtro(i).^4+p45(7).*velocidade_45_filtro(i).^3+p45(8).*velocidade_45_filtro(i).^2+p45(9).*velocidade_45_filtro(i)+p45(10);
end

for i=1:length(velocidade_56_filtro)
    f_56(i)=p56(1).*velocidade_56_filtro(i).^8+p56(2).*velocidade_56_filtro(i).^7+p56(3).*velocidade_56_filtro(i).^6+p56(4).*velocidade_56_filtro(i).^5+p56(5).*velocidade_56_filtro(i).^4+p56(6).*velocidade_56_filtro(i).^3+p56(7).*velocidade_56_filtro(i).^2+p56(8).*velocidade_56_filtro(i)+p56(9);
end

for i=1:length(velocidade_67_filtro)
    f_67(i)=p67(1).*velocidade_67_filtro(i).^8+p67(2).*velocidade_67_filtro(i).^7+p67(3).*velocidade_67_filtro(i).^6+p67(4).*velocidade_67_filtro(i).^5+p67(5).*velocidade_67_filtro(i).^4+p67(6).*velocidade_67_filtro(i).^3+p67(7).*velocidade_67_filtro(i).^2+p67(8).*velocidade_67_filtro(i)+p67(9);
end

for i=1:length(velocidade_78_filtro)
    f_78(i)=p78(1).*velocidade_78_filtro(i).^8+p78(2).*velocidade_78_filtro(i).^7+p78(3).*velocidade_78_filtro(i).^6+p78(4).*velocidade_78_filtro(i).^5+p78(5).*velocidade_78_filtro(i).^4+p78(6).*velocidade_78_filtro(i).^3+p78(7).*velocidade_78_filtro(i).^2+p78(8).*velocidade_78_filtro(i)+p78(9);
end

for i=1:length(velocidade_89_filtro)

```

```

f_89(i)=p89(1).*velocidade_89_filtro(i).^8+p89(2).*velocidade_89_filtro(i).^7+p89(3).*velocidade_89_filtro(i).^6+p89(4).*velocidade_89_filtro(i).^5+p89(5).*velocidade_89_filtro(i).^4+p89(6).*velocidade_89_filtro(i).^3+p89(7).*velocidade_89_filtro(i).^2+p89(8).*velocidade_89_filtro(i)+p89(9);
end

for i=1:length(velocidade_910_filtro)
f_910(i)=p910(1).*velocidade_910_filtro(i).^8+p910(2).*velocidade_910_filtro(i).^7+p910(3).*velocidade_910_filtro(i).^6+p910(4).*velocidade_910_filtro(i).^5+p910(5).*velocidade_910_filtro(i).^4+p910(6).*velocidade_910_filtro(i).^3+p910(7).*velocidade_910_filtro(i).^2+p910(8).*velocidade_910_filtro(i)+p910(9);
end

for i=1:length(velocidade_1011_filtro)
f_1011(i)=p1011(1).*velocidade_1011_filtro(i).^8+p1011(2).*velocidade_1011_filtro(i).^7+p1011(3).*velocidade_1011_filtro(i).^6+p1011(4).*velocidade_1011_filtro(i).^5+p1011(5).*velocidade_1011_filtro(i).^4+p1011(6).*velocidade_1011_filtro(i).^3+p1011(7).*velocidade_1011_filtro(i).^2+p1011(8).*velocidade_1011_filtro(i)+p1011(9);
end

for i=1:length(velocidade_1112_filtro)
f_1112(i)=p1112(1).*velocidade_1112_filtro(i).^9+p1112(2).*velocidade_1112_filtro(i).^8+p1112(3).*velocidade_1112_filtro(i).^7+p1112(4).*velocidade_1112_filtro(i).^6+p1112(5).*velocidade_1112_filtro(i).^5+p1112(6).*velocidade_1112_filtro(i).^4+p1112(7).*velocidade_1112_filtro(i).^3+p1112(8).*velocidade_1112_filtro(i).^2+p1112(9).*velocidade_1112_filtro(i)+p1112(10);
end

for i=1:length(velocidade_1213_filtro)
f_1213(i)=p1213(1).*velocidade_1213_filtro(i).^9+p1213(2).*velocidade_1213_filtro(i).^8+p1213(3).*velocidade_1213_filtro(i).^7+p1213(4).*velocidade_1213_filtro(i).^6+p1213(5).*velocidade_1213_filtro(i).^5+p1213(6).*velocidade_1213_filtro(i).^4+p1213(7).*velocidade_1213_filtro(i).^3+p1213(8).*velocidade_1213_filtro(i).^2+p1213(9).*velocidade_1213_filtro(i)+p1213(10);
end

for i=1:length(velocidade_1314_filtro)
f_1314(i)=p1314(1).*velocidade_1314_filtro(i).^9+p1314(2).*velocidade_1314_filtro(i).^8+p1314(3).*velocidade_1314_filtro(i).^7+p1314(4).*velocidade_1314_filtro(i).^6+p1314(5).*velocidade_1314_filtro(i).^5+p1314(6).*velocidade_1314_filtro(i).^4+p1314(7).*velocidade_1314_filtro(i).^3+p1314(8).*velocidade_1314_filtro(i).^2+p1314(9).*velocidade_1314_filtro(i)+p1314(10);
end

for i=1:length(velocidade_1415_filtro)
f_1415(i)=p1415(1).*velocidade_1415_filtro(i).^8+p1415(2).*velocidade_1415_filtro(i).^7+p1415(3).*velocidade_1415_filtro(i).^6+p1415(4).*velocidade_1415_filtro(i).^5+p1415(5).*velocidade_1415_filtro(i).^4+p1415(6).*velocidade_1415_filtro(i).^3+p1415(7).*velocidade_1415_filtro(i).^2+p1415(8).*velocidade_1415_filtro(i)+p1415(9);
end

for i=1:length(velocidade_1516_filtro)
f_1516(i)=p1516(1).*velocidade_1516_filtro(i).^7+p1516(2).*velocidade_1516_filtro(i).^6+p1516(3).*velocidade_1516_filtro(i).^5+p1516(4).*velocidade_1516_filtro(i).^4+p1516(5).*velocidade_1516_filtro(i).^3+p1516(6).*velocidade_1516_filtro(i).^2+p1516(7).*velocidade_1516_filtro(i)+p1516(8);
end

for i=1:length(velocidade_1617_filtro)
f_1617(i)=p1617(1).*velocidade_1617_filtro(i).^7+p1617(2).*velocidade_1617_filtro(i).^6+p1617(3).*velocidade_1617_filtro(i).^5+p1617(4).*velocidade_1617_filtro(i).^4+p1617(5).*velocidade_1617_filtro(i).^3+p1617(6).*velocidade_1617_filtro(i).^2+p1617(7).*velocidade_1617_filtro(i)+p1617(8);
end

for i=1:length(velocidade_1718_filtro)
f_1718(i)=p1718(1).*velocidade_1718_filtro(i).^7+p1718(2).*velocidade_1718_filtro(i).^6+p1718(3).*velocidade_1718_filtro(i).^5+p1718(4).*velocidade_1718_filtro(i).^4+p1718(5).*velocidade_1718_filtro(i).^3+p1718(6).*velocidade_1718_filtro(i).^2+p1718(7).*velocidade_1718_filtro(i)+p1718(8);
end

for i=1:length(velocidade_1819_filtro)
f_1819(i)=p1819(1).*velocidade_1819_filtro(i).^7+p1819(2).*velocidade_1819_filtro(i).^6+p1819(3).*velocidade_1819_filtro(i).^5+p1819(4).*velocidade_1819_filtro(i).^4+p1819(5).*velocidade_1819_filtro(i).^3+p1819(6).*velocidade_1819_filtro(i).^2+p1819(7).*velocidade_1819_filtro(i)+p1819(8);
end

for i=1:length(velocidade_1920_filtro)
f_1920(i)=p1920(1).*velocidade_1920_filtro(i).^7+p1920(2).*velocidade_1920_filtro(i).^6+p1920(3).*velocidade_1920_filtro(i).^5+p1920(4).*velocidade_1920_filtro(i).^4+p1920(5).*velocidade_1920_filtro(i).^3+p1920(6).*velocidade_1920_filtro(i).^2+p1920(7).*velocidade_1920_filtro(i)+p1920(8);
end

for i=1:length(velocidade_2021_filtro)
f_2021(i)=p2021(1).*velocidade_2021_filtro(i).^6+p2021(2).*velocidade_2021_filtro(i).^5+p2021(3).*velocidade_2021_filtro(i).^4+p2021(4).*velocidade_2021_filtro(i).^3+p2021(5).*velocidade_2021_filtro(i).^2+p2021(6).*velocidade_2021_filtro(i)+p2021(7);
end

```

```

for i=1:length(velocidade_2122_filtro)
f_2122(i)=p2122(1).*velocidade_2122_filtro(i).^6+p2122(2).*velocidade_2122_filtro(i).^5+p2122(3).*velocidade_2122_filtro(i).^4+p2122(4).*velocidade_2122_filtro(i).^3+p2122(5).*velocidade_2122_filtro(i).^2+p2122(6).*velocidade_2122_filtro(i)+p2122(7);
end

for i=1:length(velocidade_2223_filtro)
f_2223(i)=p2223(1).*velocidade_2223_filtro(i).^6+p2223(2).*velocidade_2223_filtro(i).^5+p2223(3).*velocidade_2223_filtro(i).^4+p2223(4).*velocidade_2223_filtro(i).^3+p2223(5).*velocidade_2223_filtro(i).^2+p2223(6).*velocidade_2223_filtro(i)+p2223(7);
end

for i=1:length(velocidade_2324_filtro)
f_2324(i)=p2324(1).*velocidade_2324_filtro(i).^6+p2324(2).*velocidade_2324_filtro(i).^5+p2324(3).*velocidade_2324_filtro(i).^4+p2324(4).*velocidade_2324_filtro(i).^3+p2324(5).*velocidade_2324_filtro(i).^2+p2324(6).*velocidade_2324_filtro(i)+p2324(7);
end

for i=1:length(velocidade_2425_filtro)
f_2425(i)=p2425(1).*velocidade_2425_filtro(i).^6+p2425(2).*velocidade_2425_filtro(i).^5+p2425(3).*velocidade_2425_filtro(i).^4+p2425(4).*velocidade_2425_filtro(i).^3+p2425(5).*velocidade_2425_filtro(i).^2+p2425(6).*velocidade_2425_filtro(i)+p2425(7);
end

f=[f_45 f_56 f_67 f_78 f_89 f_910 f_1011 f_1112 f_1213 ];
v=[velocidade_45_filtro velocidade_56_filtro velocidade_67_filtro velocidade_78_filtro velocidade_89_filtro velocidade_910_filtro
velocidade_1011_filtro velocidade_1112_filtro velocidade_1213_filtro];

f1=[f_1314 f_1415 f_1516 f_1617 f_1718 f_1819 f_1920 f_2021 f_2122 f_2223 f_2324 f_2425];
v1=[velocidade_1314_filtro velocidade_1415_filtro velocidade_1516_filtro velocidade_1617_filtro velocidade_1718_filtro
velocidade_1819_filtro velocidade_1920_filtro velocidade_2021_filtro velocidade_2122_filtro velocidade_2223_filtro
velocidade_2324_filtro velocidade_2425_filtro];

%-----ajuste da func~cao do fabricante-----
p_fa=[78.6 181.2 335.4 549.8 831.5 1174.8 1528.3 1794.7 1931.1 1981.0 ]./1000 ;
p_fa1=[1995.3 1998.9 1999.8 2000.0 2000.0 2000.0 2000.0 2000.0 2000.0 2000.0 2000.0 2000.0]./1000;

v_f=[4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 ];
v_fa1=[14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25];

p_fabricante413=polyfit(v_f,p_fa,3);
ajust=p_fabricante413(1).*v_f.^3+p_fabricante413(2).*v_f.^2+p_fabricante413(3).*v_f+p_fabricante413(4);

p_fabricante1325=polyfit(v_fa1,p_fa1,3);
ajust_1=p_fabricante1325(1).*v_fa1.^3+p_fabricante1325(2).*v_fa1.^2+p_fabricante1325(3).*v_fa1+p_fabricante1325(4);

%-----ajuste da func~cao estimada-----

p=polyfit(v,f,3);
ajust=p(1).*v.^3+p(2).*v.^2+p(3).*v+p(4);

p1=polyfit(v1,f1,3);
ajust_1=p1(1).*v1.^3+p1(2).*v1.^2+p1(3).*v1+p1(4);

ff=[ajust ajust_1];
vv=[v v1];
fff=[f f1];

```


ANEXO 3 – Parâmetros das funções estimadas através dos diferentes métodos.

	Valor	Coeficiente de correlação
Coeficiente 1	0,9083	0,58923
Coeficiente 2	-0,41717	
Coeficiente 3	0,07669	
Coeficiente 4	-0,0043	
Coeficiente 5	9,08497E-5	
Coeficiente 6	-4,87813E-7	

Tabela 1: Parâmetros da função de ajuste, relativos à função Potência obtida através do método 1, para os meses de Inverno.

Bin de tempo	Coeficiente	Valor	Coeficiente de correlação	Bin de tempo	Coeficiente	Valor	Coeficiente de correlação	
0 - 3 Horas	Coeficiente 1	0,31326	0,65284	12 - 15 Horas	Coeficiente 1	-0,04874	0,67208	
	Coeficiente 2	-0,91981			Coeficiente 2	0,06466		
	Coeficiente 3	0,58452			Coeficiente 3	-0,01852		
	Coeficiente 4	-0,15658			Coeficiente 4	0,00371		
	Coeficiente 5	0,0225			Coeficiente 5	-2,08052E-4		
	Coeficiente 6	-0,00182			Coeficiente 6	3,60586E-6		
	Coeficiente 7	8,24609E-5						
	Coeficiente 8	-1,9691E-6						
	Coeficiente 9	1,92614E-8						
3 - 6 Horas	Coeficiente 1	-0,08231	0,66071	15 - 18 Horas	Coeficiente 1	1,20458	0,67865	
	Coeficiente 2	-0,03209			Coeficiente 2	0,8369		
	Coeficiente 3	0,02432			Coeficiente 3	0,23514		
	Coeficiente 4	-0,00107			Coeficiente 4	0,03472		
	Coeficiente 5	-1,09721E-6			Coeficiente 5	0,00292		
	Coeficiente 6	4,94802E-7			Coeficiente 6	1,40229E-4		
					Coeficiente 7	3,57798E-6		
6 - 9 Horas	Coeficiente 1	-5,52811	0,67648	18 - 21 Horas	Coeficiente 1	34,11042	0,675563	
	Coeficiente 2	4,27188			Coeficiente 2	-30,39381		
	Coeficiente 3	-1,32838			Coeficiente 3	11,30597		
	Coeficiente 4	0,22014			Coeficiente 4	-2,30862		
	Coeficiente 5	-0,02076			Coeficiente 5	0,28773		
	Coeficiente 6	0,00116			Coeficiente 6	-0,02281		
	Coeficiente 7	-3,7796E-5			Coeficiente 7	0,00116		
	Coeficiente 8	6,70471E-7			Coeficiente 8	-3,63121E-5		
	Coeficiente 9	-4,99724E-9			Coeficiente 9	6,44213E-7		
9 - 12 Horas	Coeficiente 1	1,88313	0,66895	21 - 24 Horas	Coeficiente 1	34,11042	0,64576	
	Coeficiente 2	-1,34161			Coeficiente 2	-30,39381		
	Coeficiente 3	0,38241			Coeficiente 3	11,30597		
	Coeficiente 4	-0,05422			Coeficiente 4	-2,30862		
	Coeficiente 5	0,00454			Coeficiente 5	0,28773		
	Coeficiente 6	-2,2152E-4			Coeficiente 6	-0,02281		
	Coeficiente 7	5,74042E-6			Coeficiente 7	0,00116		
	Coeficiente 8	-6,07103E-8			Coeficiente 8	-3,63121E-5		
					Coeficiente 9	6,44213E-7		
					Coeficiente 10	-4,93546E-9		

Tabela 2: Parâmetros da função de ajuste, relativos à função Potência obtida através do método 2, para os meses de Inverno.

Bin de Direcção	Coeficiente	Valor	Coeficiente de correlação	Bin de tempo	Coeficiente	Valor	Coeficiente de correlação
0 - 45°	Coeficiente 1	-0,54414	0,56242	180 – 225°	Coeficiente 1	2,63739	0,73378
	Coeficiente 2	0,24767			Coeficiente 2	-1,44788	
	Coeficiente 3	-0,01229			Coeficiente 3	0,28323	
	Coeficiente 4	-0,00706			Coeficiente 4	-0,02051	
	Coeficiente 5	0,00153			Coeficiente 5	3,75327E-4	
	Coeficiente 6	-1,21265E-4			Coeficiente 6	2,64185E-5	
	Coeficiente 7	4,24265E-6			Coeficiente 7	-	
	Coeficiente 8	-5,52011E-8			Coeficiente 8	2,01485E-8	
45 - 90°	Coeficiente 1	-0,07275	0,6645	225 – 270°	Coeficiente 1	2,63739	0,73378
	Coeficiente 2	0,11658			Coeficiente 2	-1,44788	
	Coeficiente 3	-0,03529			Coeficiente 3	0,28323	
	Coeficiente 4	0,00586			Coeficiente 4	-0,02051	
	Coeficiente 5	-3,26025E-4			Coeficiente 5	3,75327E-4	
	Coeficiente 6	5,79108E-6			Coeficiente 6	2,64185E-5	
90 - 135°	Coeficiente 1	-2,92356	0,6789	270 – 315°	Coeficiente 1	-1,62544	0,73653
	Coeficiente 2	1,8665			Coeficiente 2	1,06653	
	Coeficiente 3	-0,46245			Coeficiente 3	-0,26237	
	Coeficiente 4	0,06226			Coeficiente 4	0,03417	
	Coeficiente 5	-0,00456			Coeficiente 5	-0,0022	
	Coeficiente 6	1,84134E-4			Coeficiente 6	6,76531E-5	
	Coeficiente 7	-3,8628E-6			Coeficiente 7	-	
	Coeficiente 8	3,29115E-8			Coeficiente 7	8,02277E-7	
135 – 180°	Coeficiente 1	2,36876	0,71803	315 – 360°	Coeficiente 1	-3,62228	0,69644
	Coeficiente 2	-2,26742			Coeficiente 2	2,43688	
	Coeficiente 3	0,90648			Coeficiente 3	-0,63781	
	Coeficiente 4	-0,1975			Coeficiente 4	0,08938	
	Coeficiente 5	0,0271			Coeficiente 5	-0,00684	
	Coeficiente 6	-0,00238			Coeficiente 6	2,88543E-4	
	Coeficiente 7	1,31676E-4			Coeficiente 7	-	
	Coeficiente 8	-4,44951E-6			Coeficiente 7	6,32224E-6	
	Coeficiente 9	8,35498E-8			Coeficiente 8	5,61306E-8	
	Coeficiente 10	-6,67802E-10					

Tabela 3: Parâmetros da função de ajuste, relativos à função Potência obtida através do método 3, para os meses de Inverno.

Bin de Tempo		Coefficiente 1	Coefficiente 2	Coefficiente 3	Coefficiente 4	Coefficiente de correlação
0 – 3 Horas	Ajuste 1	0,0001	-0,0165	0,5031	-2,8021	0,8756
	Ajuste 2	-0,0003	0,0102	-0,0165	0,5031	
3 – 6 Horas	Ajuste 1	-0,0017	0,0448	-0,2238	0,4396	0,8688
	Ajuste 2	0,0005	-0,0357	0,7808	-3,8117	
6 – 9 Horas	Ajuste 1	-0,0017	0,0505	-0,3049	0,7305	0,8901
	Ajuste 2	0,0003	-0,0207	0,4969	-2,0433	
9 – 12 Horas	Ajuste 1	-0,0018	0,0508	-0,3079	0,7126	0,8592
	Ajuste 2	-0,0004	0,0168	-0,1592	1,5072	
12 – 15 Horas	Ajuste 1	-0,0006	0,0233	-0,1303	0,3044	0,8554
	Ajuste 2	0,0001	-0,0165	0,5031	-2,8021	
15 – 18 Horas	Ajuste 1	0,0007	-0,0065	0,0788	-0,1054	0,8095
	Ajuste 2	0,0006	-0,0421	0,9207	-4,9034	
18 – 21 Horas	Ajuste 1	-0,0021	0,0656	-0,4628	1,1659	0,8021
	Ajuste 2	-0,0003	0,0102	-0,0634	1,3104	
21 – 24 Horas	Ajuste 1	0,0012	-0,0265	0,3410	-0,9391	0,8709
	Ajuste 2	0,0009	-0,0510	0,9972	-4,6628	

Tabela 4: Parâmetros da função de ajuste, relativos à função Potência obtida através do método 4, para os meses de Inverno.

Bin de Direcção		Coefficiente 1	Coefficiente 2	Coefficiente 3	Coefficiente 4	Coefficiente de ajuste
0 – 45°	Ajuste 1	-0,0005	0,0182	-0,0014	0,1318	0,8734
	Ajuste 2	0,1318	0,2067	-0,0008	0,0290	
45 – 90°	Ajuste 1	0,0004	0,0024	0,0026	0,0725	0,8897
	Ajuste 2	-0,0000	-0,0032	0,1857	-0,3573	
90 – 135°	Ajuste 1	-0,0005	0,0182	-0,0315	0,0609	0,8750
	Ajuste 2	0,0003	-0,0236	0,5474	-2,3328	
135 – 180°	Ajuste 1	-0,0026	0,0647	-0,3410	0,6701	0,8849
	Ajuste 2	-0,0000	-0,0031	0,1611	0,0267	
180 – 225°	Ajuste 1	-0,0054	0,1355	-0,8713	1,8326	0,9287
	Ajuste 2	-0,0000	-0,0014	0,1318	0,2067	
225 – 270°	Ajuste 1	-0,0008	0,0290	-0,1786	0,4714	0,8515
	Ajuste 2	0,0001	-0,0169	0,5426	-3,2526	
270 – 315°	Ajuste 1	-0,0006	0,0249	-0,1265	0,3410	0,8810
	Ajuste 2	0,0002	-0,0135	0,3451	-0,9949	
315 – 380°	Ajuste 1	-0,0008	0,0243	-0,0721	0,1567	0,8674
	Ajuste 2	0,0002	-0,0129	0,3137	-0,6992	

Tabela 5: Parâmetros da função de ajuste, relativos à função Potência obtida através do método 5, para os meses de Inverno.

	Valor	Coeficiente de correlação
Coeficiente 1	0,0000	0,51975
Coeficiente 2	0,0000	
Coeficiente 3	-0,0004	
Coeficiente 4	0,0061	
Coeficiente 5	-0,0576	
Coeficiente 6	0,3250	
Coeficiente 7	-0,9239	
Coeficiente 8	1,1137	

Tabela 6: Parâmetros da função de ajuste, relativos à função Potência obtida através do método 1, para os meses de Outono.

Bin de tempo	Coeficiente	Valor	Coeficiente de correlação	Bin de tempo	Coeficiente	Valor	Coeficiente de correlação
0 – 3 Horas	Coeficiente 1	-4,963e-9	0,6126	12 – 15 Horas	Coeficiente 1	-0,0000	0,6416
	Coeficiente 2	6,083e-7			Coeficiente 2	0,0000	
	Coeficiente 3	-3,121e-5			Coeficiente 3	-0,0001	
	Coeficiente 4	0,0008628			Coeficiente 4	0,0028	
	Coeficiente 5	-0,01375			Coeficiente 5	-0,0451	
	Coeficiente 6	0,1254			Coeficiente 6	0,4251	
	Coeficiente 7	-0,6134			Coeficiente 7	-2,3003	
	Coeficiente 8	1,547			Coeficiente 8	6,5698	
	Coeficiente 9	-1,323			Coeficiente 9	-7,5204	
3 – 6 Horas	Coeficiente 1	0,0000		15 – 18 Horas	Coeficiente 1	0,0000	0,6763
	Coeficiente 2	0,0000			Coeficiente 2	-0,0000	
	Coeficiente 3	-0,0002			Coeficiente 3	0,0012	
	Coeficiente 4	0,0046			Coeficiente 4	-0,0183	
	Coeficiente 5	-0,0688			Coeficiente 5	0,1702	
					Coeficiente 6	-0,9099	
	Coeficiente 6	0,6207			Coeficiente 7	2,6171	
		Coeficiente 8	-3,0290				
6 – 9 Horas	Coeficiente 1	-0,0000	0,6095	18 – 21 Horas	Coeficiente 1	0,0000	0,7311
	Coeficiente 2	0,0000			Coeficiente 2	-0,0000	
	Coeficiente 3	-0,0001			Coeficiente 3	0,0003	
	Coeficiente 4	0,0010			Coeficiente 4	-0,0038	
	Coeficiente 5	-0,0100			Coeficiente 5	0,0303	
	Coeficiente 6	0,0287			Coeficiente 6	-0,0991	
	Coeficiente 7	0,2592			Coeficiente 7	0,0388	
	Coeficiente 8	-1,9480			Coeficiente 8		
	Coeficiente 9	3,7548				0,4705	
9 – 12 Horas	Coeficiente 1	0,0000	0,6137	21 – 24 Horas	Coeficiente 1	0,0000	0,6416
	Coeficiente 2	0,0000			Coeficiente 2	0,0000	
	Coeficiente 3	0,0001			Coeficiente 3	-0,0001	
	Coeficiente 4	-0,0015			Coeficiente 4	0,0028	
	Coeficiente 5	0,0260			Coeficiente 5	-0,0451	
	Coeficiente 6	-0,2840			Coeficiente 6	0,4251	
	Coeficiente 7	1,8603			Coeficiente 7	-2,3003	
	Coeficiente 8	-6,4715			Coeficiente 8	6,5698	
		Coeficiente 9	-7,5204				

Tabela 7: Parâmetros da função de ajuste, relativos à função Potência obtida através do método 2, para os meses de Outono.

Bin de direcção	Coeficiente	Valor	Coeficiente de correlação	Bin de tempo	Coeficiente	Valor	Coeficiente de correlação	
0 - 45°	Coeficiente 1	-0,0000	0,6216	180 - 225°	Coeficiente 1	0,0000	0,731	
	Coeficiente 2	0,0000			Coeficiente 2	-0,0001		
	Coeficiente 3	-0,0000			Coeficiente 3	0,0035		
	Coeficiente 4	0,0009			Coeficiente 4	-0,0535		
	Coeficiente 5	-0,0147			Coeficiente 5	0,4942		
	Coeficiente 6	0,1353			Coeficiente 6	-2,6260		
	Coeficiente 7	-0,6727			Coeficiente 7	7,4058		
	Coeficiente 8	1,7346			Coeficiente 8	-8,4126		
	Coeficiente 9	-1,5650						
45 - 90°	Coeficiente 1	0,0002	0,6051	225 - 270°	Coeficiente 1	0,0000	0,6763	
	Coeficiente 2	0,0046			Coeficiente 2	-0,0000		
	Coeficiente 3	-0,0688			Coeficiente 3	0,0012		
	Coeficiente 4	0,6207			Coeficiente 4	-0,0183		
	Coeficiente 5	-3,2464			Coeficiente 5	0,1702		
	Coeficiente 6	9,0905			Coeficiente 6	-0,9099		
		Coeficiente 7			2,6171	Coeficiente 7		2,6171
		Coeficiente 8			-3,0290	Coeficiente 8		-3,0290
90 - 135°	Coeficiente 1	0,0000	0,6095	270 - 315°	Coeficiente 1	0,0388	0,7311	
	Coeficiente 2	-0,0001			Coeficiente 2	0,4705		
	Coeficiente 3	0,0010			Coeficiente 3	-0,0000		
	Coeficiente 4	-0,0100			Coeficiente 4	0,0003		
	Coeficiente 5	0,0287			Coeficiente 5	-0,0038		
	Coeficiente 6	0,2592			Coeficiente 6	0,0303		
	Coeficiente 7	-1,9480			Coeficiente 7	-0,0991		
	Coeficiente 8	3,7548						
135 - 180°	Coeficiente 1	0,0000	0,6137	315 - 360°	Coeficiente 1	0,0000	0,5722	
	Coeficiente 2	-0,0000			Coeficiente 2	-0,0002		
	Coeficiente 3	0,0001			Coeficiente 3	0,0041		
	Coeficiente 4	-0,0015			Coeficiente 4	-0,0643		
	Coeficiente 5	0,0260			Coeficiente 5	0,6139		
	Coeficiente 6	-0,2840			Coeficiente 6	-3,4389		
	Coeficiente 7	1,8603			Coeficiente 7	10,4839		
	Coeficiente 8	-6,4715			Coeficiente 8	-13,1113		
	Coeficiente 9	9,2043						

Tabela 8: Parâmetros da função de ajuste, relativos à função Potência obtida através do método 3, para os meses de Outono.

Bin de Tempo		Coefficiente 1	Coefficiente 2	Coefficiente 3	Coefficiente 4	Coefficiente de correlação
0 – 3 Horas	Ajuste 1	-0,0032	0,0768	-0,3943	0,8333	0,8166
	Ajuste 2	-0,0003	0,0138	-0,1747	2,2253	
3 – 6 Horas	Ajuste 1	-0,0033	0,0798	-0,4525	1,0851	0,7909
	Ajuste 2	-0,0000	-0,0008	0,1093	0,4048	
6 – 9 Horas	Ajuste 1	-0,0020	0,0418	-0,0846	-0,0527	0,7880
	Ajuste 2	0,0006	-0,0383	0,8130	-3,8023	
9 – 12 Horas	Ajuste 1	-0,0029	0,0723	-0,4133	0,8589	0,8062
	Ajuste 2	0,0002	-0,0156	0,4080	-1,6701	
12 – 15 Horas	Ajuste 1	-0,0029	0,0760	-0,4860	1,0467	0,8351
	Ajuste 2	-0,0002	0,0035	0,1037	-0,2969	
15 – 18 Horas	Ajuste 1	-0,0010	0,0322	-0,1783	0,4024	0,8285
	Ajuste 2	0,0020	-0,1187	2,3397	-13,4326	
18 – 21 Horas	Ajuste 1	-0,0006	0,0261	-0,1419	0,3812	0,8542
	Ajuste 2	0,0002	-0,0122	0,2349	0,3401	
21 – 24 Horas	Ajuste 1	-0,0022	0,0483	-0,1471	0,1788	0,7681
	Ajuste 2	0,0009	-0,0548	1,1072	-5,5123	

Tabela 9: Parâmetros da função de ajuste, relativos à função Potência obtida através do método 4, para os meses de Outono.

Bin de Direcção		Coefficiente 1	Coefficiente 2	Coefficiente 3	Coefficiente 4	Coefficiente de correlação
0 – 45°	Ajuste 1	-0,0032	0,0767	-0,3927	0,8283	0,8165
	Ajuste 2	-0,0003	0,0111	-0,1224	1,9102	
45 – 90°	Ajuste 1	-0,0034	0,0816	-0,4461	1,0126	0,7916
	Ajuste 2	0,0001	-0,0103	0,3065	-0,9395	
90 – 135°	Ajuste 1	-0,0012	0,0193	0,1064	-0,5292	0,7882
	Ajuste 2	0,0011	-0,0643	1,2934	-6,6708	
135 – 180°	Ajuste 1	-0,0023	0,0572	-0,2808	0,4849	0,8065
	Ajuste 2	0,0010	-0,0632	1,2909	-6,9446	
180 – 225°	Ajuste 1	-0,0031	0,0816	-0,5247	1,1276	0,8356
	Ajuste 2	-0,0002	0,0064	0,0724	-0,2493	
225 – 270°	Ajuste 1	-0,0010	0,0344	-0,1905	0,4111	0,8275
	Ajuste 2	0,0007	-0,0455	0,9340	-4,5309	
270 – 315°	Ajuste 1	-0,0009	0,0417	-0,2856	0,7529	0,8508
	Ajuste 2	0,0003	-0,0155	0,2945	-0,0061	
315 – 380°	Ajuste 1	-0,0020	0,0436	-0,1243	0,1703	0,7677
	Ajuste 2	0,0008	-0,0458	0,9206	-4,2396	

Tabela 10: Parâmetros da função de ajuste, relativos à função Potência obtida através do método 5, para os meses de Outono.

	Valor	Coefficiente de correlação
Coefficiente 1	0,0000	0,5260
Coefficiente 2	-0,0000	
Coefficiente 3	0,0000	
Coefficiente 4	-0,0004	
Coefficiente 5	0,0077	
Coefficiente 6	-0,0855	
Coefficiente 7	0,5528	
Coefficiente 8	-1,8099	
Coefficiente 8	2,4523	

Tabela 11: Parâmetros da função de ajuste, relativos à função Potência obtida através do método 1, para os meses de Verão.

Bin de tempo	Coefficiente	Valor	Coefficiente de correlação	Bin de tempo	Coefficiente	Valor	Coefficiente de correlação		
0 – 3 Horas	Coefficiente 1	-0,0000	0,6359	12 – 15 Horas	Coefficiente 1	-0,0000	0,6131		
	Coefficiente 2	0,0000			Coefficiente 2	0,0000			
	Coefficiente 3	-0,0001			Coefficiente 3	-0,0001			
	Coefficiente 4	0,0020			Coefficiente 4	0,0023			
	Coefficiente 5	-0,0276			Coefficiente 5	-0,0338			
	Coefficiente 6	0,2255			Coefficiente 6	0,3059			
	Coefficiente 7	-0,9967			Coefficiente 7	-1,6212			
	Coefficiente 8	2,1596			Coefficiente 8	4,6141			
	Coefficiente 9	-1,5613			Coefficiente 9	-5,3327			
3 – 6 Horas	Coefficiente 1	-0,1406	0,647	15 – 18 Horas	Coefficiente 1	0,0000	0,6717		
	Coefficiente 2	1,0354			Coefficiente 2	-0,0001			
	Coefficiente 3	5,6514			Coefficiente 3	0,0015			
	Coefficiente 4	-0,0005			Coefficiente 4	-0,0199			
	Coefficiente 5	0,0112			Coefficiente 5	0,1584			
	Coefficiente 6	-3,8322			Coefficiente 6	-0,7423			
6 – 9 Horas	Coefficiente 1	-0,0000	0,6547		18 – 21 Horas	Coefficiente 7		1,9023	0,6675
	Coefficiente 2	0,0000				Coefficiente 8		-1,9580	
	Coefficiente 3	-0,0001		Coefficiente 1		-0,0000			
	Coefficiente 4	0,0011		Coefficiente 2		-0,0004			
	Coefficiente 5	-0,0036		Coefficiente 3		0,0066			
	Coefficiente 6	-0,0869		Coefficiente 4		-0,0706			
	Coefficiente 7	1,1176		Coefficiente 5		0,4546			
	Coefficiente 8	-4,9987		Coefficiente 6		-1,7081			
	Coefficiente 9	8,0678		Coefficiente 7		3,4293			
9 – 12 Horas	Coefficiente 1	0,0000	0,6397	21 – 24 Horas	Coefficiente 8	-2,7301	0,6678		
	Coefficiente 2	-0,0000			Coefficiente 1	-0,0000			
	Coefficiente 3	0,0004			Coefficiente 2	0,0000			
	Coefficiente 4	-0,0053			Coefficiente 3	-0,0001			
	Coefficiente 5	0,0293			Coefficiente 4	0,0030			
	Coefficiente 6	-0,0209			Coefficiente 5	-0,0407			
	Coefficiente 7	-0,2928			Coefficiente 6	0,3177			
	Coefficiente 8	0,7316			Coefficiente 7	-1,3644			
			Coefficiente 8		2,9535				
			Coefficiente 9	-2,3799					

Tabela 12: Parâmetros da função de ajuste, relativos à função Potência obtida através do método 2, para os meses de Verão.

Bin de tempo	Coeficiente	Valor	Coeficiente de correlação
225 – 270°	Coeficiente 1	-0,0000	0,6765
	Coeficiente 2	0,0002	
	Coeficiente 3	-0,0048	
	Coeficiente 4	0,0688	
	Coeficiente 5	-0,6037	
	Coeficiente 6	3,1744	
	Coeficiente 7	- 9,0709	
	Coeficiente 8	10,8902	
270 – 315°	Coeficiente 1	-0,0000	0,6469
	Coeficiente 2	0,0007	
	Coeficiente 3	-0,0075	
	Coeficiente 4	0,0361	
	Coeficiente 5	0,0206	
	Coeficiente 6	-0,6648	
	Coeficiente 7	1,6159	
315 – 360°	Coeficiente 1	-0,0000	0,688
	Coeficiente 2	0,0000	
	Coeficiente 3	-0,0011	
	Coeficiente 4	0,0144	
	Coeficiente 5	-0,1149	
	Coeficiente 6	0,5270	
	Coeficiente 7	-1,1675	
	Coeficiente 8	0,9962	

Tabela 13: Parâmetros da função de ajuste, relativos à função Potência obtida através do método 3, para os meses de Verão.

Bin de Direcção		Coeficiente 1	Coeficiente 2	Coeficiente 3	Coeficiente 4	Coeficiente de correlação
225 – 270°	Ajuste 1	0,0001	0,0079	-0,0073	0,0229	0,7075
	Ajuste 2	0,0060	-0,3202	5,6840	-31,6124	
270 – 315°	Ajuste 1	-0,0013	0,0303	-0,0712	0,0836	0,7522
	Ajuste 2	0,0014	-0,0871	1,7474	-9,7177	
315 – 380°	Ajuste 1	-0,0002	0,0113	0,0134	-0,0533	0,8753
	Ajuste 2	-0,0000	-0,0035	0,1759	-0,1296	

Tabela 14: Parâmetros da função de ajuste, relativos à função Potência obtida através do método 5, para os meses de Verão.

Bin de tempo		Coefficiente 1	Coefficiente 2	Coefficiente 3	Coefficiente 4	Coefficiente de correlação
0 – 3 Horas	Ajuste 1	-0,0041	0,0998	-0,5877	1,1765	0,8425
	Ajuste 2	0,0015	-0,0828	1,5195	-7,4067	
3 – 6 Horas	Ajuste 1	-0,0024	0,0538	-0,1892	0,2109	0,7719
	Ajuste 2	0,0000	-0,0115	0,3832	-1,6410	
6 – 9 Horas	Ajuste 1	-0,0007	0,0122	0,1034	-0,4020	0,7351
	Ajuste 2	0,0031	-0,1521	2,5028	-12,0711	
9 – 12 Horas	Ajuste 1	-0,0013	0,0289	-0,0686	-0,0319	0,7442
	Ajuste 2	0,0007	-0,0334	0,5555	-3,0348	
12 – 15 Horas	Ajuste 1	-0,0011	0,0353	-0,2448	0,5932	0,8182
	Ajuste 2	-0,0010	0,0477	-0,6162	3,3123	
15 – 18 Horas	Ajuste 1	-0,0000	0,0065	-0,0282	0,1253	0,7236
	Ajuste 2	-0,0005	-0,0079	0,7004	-5,7678	
18 – 21 Horas	Ajuste 1	0,0006	-0,0076	0,0901	-0,1698	0,7227
	Ajuste 2	-0,0221	1,0302	-15,8929	82,1530	
21 – 24 Horas	Ajuste 1	-0,0028	0,0648	-0,3253	0,5410	0,7823
	Ajuste 2	0,0013	-0,0792	1,5804	-8,7882	

Tabela 15: Parâmetros da função de ajuste, relativos à função Potência obtida através do método 4, para os meses de Verão.

	Valor	Coefficiente de correlação
Coefficiente 1	0,0400	0,5060
Coefficiente 2	-0,2000	
Coefficiente 3	0,3560	
Coefficiente 4	5,2343	
Coefficiente 5	0,4587	
Coefficiente 6	-2,0987	
Coefficiente 7	0,2154	
Coefficiente 8	3,1329	
Coefficiente 8	4,5462	

Tabela 16: Parâmetros da função de ajuste, relativos à função Potência obtida através do método 1, para os meses de Primavera.

Bin de tempo	Coeficiente	Valor	Coeficiente de correlação	Bin de tempo	Coeficiente	Valor	Coeficiente de correlação
0 – 3 Horas	Coeficiente 1	0,0000	0,6623	12 – 15 Horas	Coeficiente 1	-0,0000	0,6289
	Coeficiente 2	-0,0000			Coeficiente 2	0,0000	
	Coeficiente 3	0,0001			Coeficiente 3	-0,0000	
	Coeficiente 4	-0,0033			Coeficiente 4	0,0003	
	Coeficiente 5	0,0501			Coeficiente 5	-0,0028	
	Coeficiente 6	-0,4569			Coeficiente 6	0,0117	
	Coeficiente 7	2,4694			Coeficiente 7	0,0205	
	Coeficiente 8	-7,1568			Coeficiente 8	-0,2857	
	Coeficiente 9	8,5968			Coeficiente 9	0,6592	
3 – 6 Horas	Coeficiente 1	-0,0000	0,6251	15 – 18 Horas	Coeficiente 1	-0,0000	0,6044
	Coeficiente 2	0,0000			Coeficiente 2	0,0000	
	Coeficiente 3	-0,0001			Coeficiente 3	-0,0001	
	Coeficiente 4	0,0029			Coeficiente 4	0,0016	
	Coeficiente 5	-0,0479			Coeficiente 5	-0,0211	
					Coeficiente 6	0,1747	
	Coeficiente 6	0,4692			Coeficiente 7	-0,8690	
6 – 9 Horas	Coeficiente 1	-0,0000	0,6219	18 – 21 Horas	Coeficiente 1	0,0000	0,6465
	Coeficiente 2	0,0000			Coeficiente 2	-0,0000	
	Coeficiente 3	-0,0004			Coeficiente 3	0,0001	
	Coeficiente 4	0,0086			Coeficiente 4	-0,0015	
	Coeficiente 5	-0,1224			Coeficiente 5	0,0195	
	Coeficiente 6	1,0550			Coeficiente 6	-0,1445	
	Coeficiente 7	-5,3354			Coeficiente 7	0,5901	
	Coeficiente 8	14,5091			Coeficiente 8	0,6996	
	Coeficiente 9	-16,1312					
9 – 12 Horas	Coeficiente 1	0,0000	0,6308	21 – 24 Horas	Coeficiente 1	0,0000	0,6889
	Coeficiente 2	-0,0000			Coeficiente 2	-0,0000	
	Coeficiente 3	0,0000			Coeficiente 3	0,0001	
	Coeficiente 4	-0,0005			Coeficiente 4	-0,0037	
	Coeficiente 5	0,0080			Coeficiente 5	0,0549	
	Coeficiente 6	-0,0802			Coeficiente 6	-0,5005	
	Coeficiente 7	0,4833			Coeficiente 7	2,7058	
	Coeficiente 8	-1,5653			Coeficiente 8	-7,8258	
		Coeficiente 9	9,3204				

Tabela 17: Parâmetros da função de ajuste, relativos à função Potência obtida através do método 2, para os meses de Primavera.

Bin de Direcção	Coeficiente	Valor	Coeficiente de correlação	Bin de tempo	Coeficiente	Valor	Coeficiente de correlação
90 – 135°	Coeficiente 1	-0,0000	0,6085	270 – 315°	Coeficiente 1	-0,0000	0,5095
	Coeficiente 2	0,0000			Coeficiente 2	0,0000	
	Coeficiente 3	-0,0001			Coeficiente 3	-0,0000	
	Coeficiente 4	0,0069			Coeficiente 4	0,0011	
	Coeficiente 5	-0,1187			Coeficiente 5	-0,0154	
	Coeficiente 6	0,9456			Coeficiente 6	0,1259	
	Coeficiente 7	-3,5375			Coeficiente 7	-0,5744	
	Coeficiente 8	5,1311			Coeficiente 8	1,3817	
				Coeficiente 9	-1,2213		
135 – 180°	Coeficiente 1	-0,0000	0,549	315 – 360°	Coeficiente 1	0,0000	0,7153
	Coeficiente 2	0,0000			Coeficiente 2	-0,0000	
	Coeficiente 3	-0,0002			Coeficiente 3	0,0000	
	Coeficiente 4	0,0034			Coeficiente 4	-0,0008	
	Coeficiente 5	-0,0444			Coeficiente 5	0,0115	
	Coeficiente 6	0,3542			Coeficiente 6	-0,0985	
	Coeficiente 7	-1,6403			Coeficiente 7	0,5197	
	Coeficiente 8	4,0977			Coeficiente 8	-1,4532	
				Coeficiente 9	1,7524		

Tabela 18: Parâmetros da função de ajuste, relativos à função Potência obtida através do método 3, para os meses de Primavera.

Bin de Direcção		Coefficiente 1	Coefficiente 2	Coefficiente 3	Coefficiente 4	Coefficiente de correlação
90 - 135°	Ajuste 1	-0,0001	0,0042	0,0638	-0,2084	0,8123
	Ajuste 2	0,0013	-0,0817	1,6570	-9,4656	
135 - 180°	Ajuste 1	-0,0020	0,0512	-0,2675	0,4974	0,8419
	Ajuste 2	0,0001	-0,0124	0,3768	-1,6270	
270 - 315°	Ajuste 1	-0,0011	0,0262	-0,0978	0,2102	0,7425
	Ajuste 2	-0,0010	0,0393	-0,3784	1,3981	
315 - 380°	Ajuste 1	0,0001	-0,0116	0,3089	-0,7551	0,8961
	Ajuste 2	0,0001	-0,0116	0,3089	-0,7551	

Tabela 19: Parâmetros da função de ajuste, relativos à função Potência obtida através do método 5, para os meses de Primavera.

Bin de Tempo		Coefficiente 1	Coefficiente 2	Coefficiente 3	Coefficiente 4	Coefficiente de correlação
0 - 3 Horas	Ajuste 1	-0,0001	0,0106	-0,0098	-0,0086	0,8635
	Ajuste 2	0,0006	-0,0377	0,8410	-4,4342	
3 - 6 Horas	Ajuste 1	-0,0027	0,0719	-0,4756	1,1392	0,8181
	Ajuste 2	-0,0013	0,0600	-0,8386	4,7714	
6 - 9 Horas	Ajuste 1	-0,0019	0,0545	-0,3405	0,7856	0,8528
	Ajuste 2	-0,0006	0,0248	-0,2615	2,0607	
9 - 12 Horas	Ajuste 1	-0,0004	0,0227	-0,1645	0,4844	0,8629
	Ajuste 2	0,0007	-0,0474	1,0470	-5,9474	
12 - 15 Horas	Ajuste 1	0,0005	-0,0035	0,0469	-0,0661	0,8397
	Ajuste 2	0,0003	-0,0266	0,6892	-4,1011	
15 - 18 Horas	Ajuste 1	0,0007	-0,0077	0,0744	-0,0941	0,8038
	Ajuste 2	-0,0002	-0,0001	0,3007	-2,2271	
18 - 21 Horas	Ajuste 1	0,0006	0,0003	0,0056	0,1086	0,8607
	Ajuste 2	0,0008	-0,0516	1,0722	-5,4895	
21 - 24 Horas	Ajuste 1	-0,0007	0,0222	-0,0772	0,1093	0,8686
	Ajuste 2	0,0003	-0,0246	0,6152	-3,1526	

Tabela 20: Parâmetros da função de ajuste, relativos à função Potência obtida através do método 4, para os meses de Primavera.